Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

-Trabajo de fin de grado-

Para la obtención del título académico de Licenciado en Ciencias (B.Sc.)

en la especialidad de Tecnología de los Medios

Análisis metrológico de la respuesta de medidores de modulación ante señales de diferente dinámica

Philipp Holle

Número de matrícula: 2055907

Periodo de elaboración: 02/11/2015 – 01/02/2016

Examinador principal: Prof. Dra. Ing. Eva Wilk

Segundo examinador: Prof. Dr. Ralf Hendrych

Universidad de Ciencias Aplicadas de Hamburgo

Facultad de Diseño, Medios e Información

Departamento de Tecnología de los Medios

Detmold, 30 de enero de 2016

Resumen

La presente tesis de grado trata sobre la medición de la reacción de los medidores de modulación ante señales de diferente dinámica. Para ello se utiliza un método de medición desarrollado por Víctor Acuña, que permite realizar una evaluación al respecto mediante el uso de señales sinusoidales pulsadas. El cambio en la dinámica de la señal se controla mediante el factor de cresta y, por lo tanto, mediante el factor de duty cycle. A partir de los resultados de la medición, se puede evaluar tanto el comportamiento dinámico de los medidores de modulación como el propio método de medición.

Resumen

Esta tesis de grado trata sobre la medición de la reacción de los medidores de audio ante señales de diferente dinámica. Para ello, se utiliza un método desarrollado por Víctor Acuña que, mediante el uso de ondas sinusoidales pulsadas, permite realizar una evaluación al respecto. La alteración de la dinámica de la señal se controla mediante el factor de cresta y, por lo tanto, mediante el ciclo de duty. A partir de los resultados de la medición, se puede realizar una evaluación de la respuesta dinámica de los medidores de audio y del propio método de medición.

Índice

1. Introducción 1

2. Fundamentos teóricos 3

2.1 Enfoque 3

2.2 Medidores de modulación 3

2.3 Estructura y funcionamiento del medidor VU de montaje propio 7

2.4 Dinámica de la señal 9

3. Configuración de la medición y realización de las mediciones 13

3.1 Hardware y software utilizados 13

3.2 Medidores de modulación utilizados 14

3.3 Método de medición 16

4. Evaluación de los resultados de las mediciones 18

4.1 RTW 1204A 19

4.2 Medidor VU de montaje propio 21

4.3 DK-Audio MSD100T 24

4.4 Compresor estéreo API2500 26

4.5 Solid State Logic C200HD 28

5. Conclusión 30

6. Anexo 32

A1. Datos de medición de la RTW 1204A 32

A2. Datos de medición del medidor VU de montaje propio 38

A3. Datos de medición del DK-Audio MSD100T 43

A4. Datos de medición del compresor estéreo API2500 48

A5. Datos de medición del Solid State Logic C200HD 53

A6. Esquema eléctrico del JLM Audio VU-Meter Buffers 58

Índice de figuras 59

Índice de tablas 61

Índice

Bibliografía 62

1. Introducción

El concepto de dinámica ha cobrado gran importancia, sobre todo con las posibilidades que ofrece el procesamiento digital del material sonoro. Debido al uso cada vez más frecuente de efectos como, por ejemplo, los compresores multibanda en la masterización, las producciones del ámbito de la música popular suelen presentar una dinámica notablemente menor que, por ejemplo, una grabación de música clásica. Estas diferencias no solo afectan a la percepción estética del oyente, sino que también crean la necesidad de tomar conciencia de la importancia de las grandes diferencias dinámicas de las señales que se van a procesar para la producción de audio.

El trabajo que se documenta a continuación tiene por objeto examinar esta importancia en relación con los medidores de nivel.

En el ámbito de las producciones profesionales, los medidores de nivel son indispensables. Gran parte de la calidad del material sonoro producido depende de la interpretación correcta de los valores que muestran. Sin embargo, al utilizar diferentes métodos de medición, los cambios de nivel indicados pueden variar considerablemente según el tipo de dispositivo cuando cambia la dinámica. A menudo se desconocen las características al respecto y los métodos exactos de cálculo o medición de los dispositivos, o bien la información que debe proporcionarse sobre el comportamiento dinámico no está definida de manera uniforme para todos los tipos de dispositivos. Por este motivo, los conocimientos sobre su comportamiento específico ante cambios en la dinámica de la señal pueden resultar muy relevantes para la práctica de la producción de sonido.

Para investigar estos efectos de las señales de diferente dinámica en dichos dispositivos, se llevó a cabo, en el marco de este trabajo de fin de grado, una serie de mediciones cuyo objetivo era registrar la reacción de diferentes instrumentos de medición ante el cambio de la dinámica de la señal. El modelo para esta medición fue un método desarrollado por Víctor Acuña (véase Acuña 2015: 584 y ss.), con el que se pretende permitir el estudio de dichos efectos, sobre todo en relación con los medidores VU.

En el presente trabajo se documenta esta serie de mediciones, se evalúan los resultados en el contexto de la problemática anteriormente expuesta y se evalúa el método de medición utilizado, así como los conocimientos adquiridos a partir de los resultados.

Para ello, en el capítulo 2 se exponen en primer lugar el enfoque conceptual y los fundamentos teóricos en relación con la dinámica de la señal y la medición de la modulación. Como ejemplo de la estructura de un medidor VU, se ofrece además una breve explicación del funcionamiento de un dispositivo montado por el propio autor para el ensayo de medición. A continuación, en el capítulo 3 se aborda con mayor detalle el método de medición aplicado y la realización de la medición.

Por último, en el capítulo 4 se presentan los resultados y se lleva a cabo su evaluación. Finalmente, en el capítulo 5 se resumen de nuevo las conclusiones de la evaluación anterior y se evalúa el método de medición aplicado.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Enfoque

Para investigar el efecto de las diferentes dinámicas de señal en los medidores de modulación, conviene ofrecer primero una visión general de los tipos de dispositivos habituales. Para ello, se explica el funcionamiento y la estructura de un medidor VU tomando como ejemplo un dispositivo de montaje propio. La comprensión de los distintos métodos de medición permite interpretar mejor los resultados del estudio. Además, se determinarán los parámetros mediante los cuales se variará la dinámica de la señal durante el ensayo de medición.

2.2 Medidores de modulación

Para aprovechar de la mejor manera posible la dinámica disponible del sistema y evitar la saturación, se utilizan medidores de modulación como control visual del nivel de la señal. Además, ofrecen la posibilidad de adaptar mejor el material de audio a los niveles de otras grabaciones o de otros contenidos de programación (véase Weinzierl 2008: 552).

Para el control del nivel instantáneo existen dos tipos básicos de dispositivos: el medidor VU y el medidor de nivel de programa de pico (PPM) o medidor de modulación de tensión de pico.

Las características especificadas y la estructura del medidor VU se recogen en la norma DIN IEC 268-17 (Instituto Alemán de Normalización, 1992). El medidor VU es un instrumento de medición electromecánico que consta principalmente de un mecanismo de medición con un rectificador de doble semiciclo conectado en serie y un atenuador con amortiguación ajustable. La indicación es lineal, mientras que la escala es logarítmica (véase la figura 2.1).

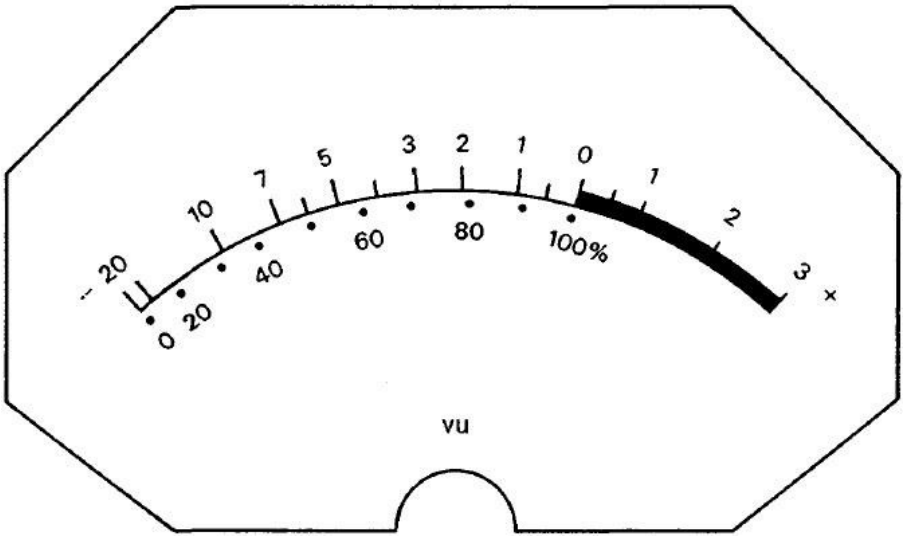


Figura 2.1: Ejemplo del tipo de escala de uso general para medidores VU, extraído de (Deutsches Institut für Normung e.V. 1992: 5)

Las características y los diferentes modelos de medidores de modulación de tensión de pico se describen en la norma DIN IEC 60268-10 (Deutsches Institut für Normung e.V. 1994). Además de un rectificador y un circuito integrador, la estructura suele incluir elementos que establecen una relación aproximadamente logarítmica entre el valor de tensión de pico medido y la indicación del aparato. En la mayoría de los aparatos, la indicación es escalonada (véase la figura 2.2). Debido a las diferentes tradiciones y normas, se utilizan varios tipos de indicación distintos. Weinzierl, por ejemplo, ofrece una explicación detallada de las diferentes indicaciones (véase Weinzierl 2008: 556 y ss.). Sin embargo, los aparatos descritos en la norma DIN IEC 60268-10 solo sirven para representar el denominado «nivel de pico cuasi». Se ignoran los picos de tensión especialmente breves, que el oyente no puede percibir y que, por lo tanto, no son relevantes (Ballou 2015: 110). Sin embargo, precisamente para los requisitos de un entorno de grabación digital, en el que incluso las breves sobrecargas provocan distorsiones claramente audibles, en la ITU-R BS.1770-4 (Unión Internacional de Telecomunicaciones 2015: 16 y ss.) se presenta un algoritmo para el cálculo del valor «True-Peak». Este se basa principalmente en un sobremuestreo de la señal que se va a medir, de modo que también se puedan registrar las amplitudes más breves.

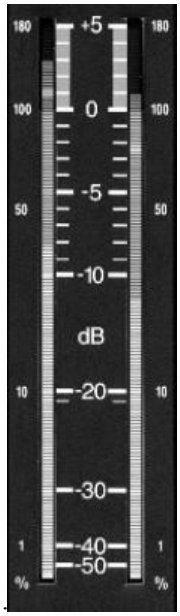


Figura 2.2: Indicación de un medidor de modulación de tensión de pico con escala DIN según la norma DIN IEC 60268-10 (Weinzierl 2008: 557)

Mientras que los medidores de modulación de tensión de pico deben indicar el valor de cresta con la mayor precisión posible mediante tiempos de promediado cortos (precisión de muestreo de hasta 10 ms) (véase Deutsches Institut für Normung e.V. 1994: 6), el medidor VU, debido a su tiempo de estabilización comparativamente largo (300 ms ± 10 % según la norma DIN IEC 60268-17), «[...] un valor entre el valor rectificado y el valor eficaz» (Weinzierl 2008: 558). De este modo, a diferencia de los medidores de modulación de tensión de pico, el comportamiento de visualización del medidor VU se corresponde más con la percepción auditiva humana (véase Shepherd 2008: 304). Aunque hoy en día los medidores VU se utilizan cada vez menos, merece la pena realizar una evaluación cualitativa más detallada de estos dispositivos, sobre todo debido a esta característica. No se puede descartar que este tipo de medidores de modulación siga existiendo, o que siga existiendo durante bastante tiempo, como alternativa económica.

Weinzierl resume de forma clara las características más importantes de ambos tipos de dispositivos, definidas en las normas correspondientes (véase la tabla 2.1). Las especificaciones de la norma DIN IEC 60268-17 se refieren a los medidores VU, mientras que las de la norma DIN IEC 60268-10 se refieren a los medidores de modulación de tensión de pico.

.

Eigenschaft	Bedeutung / Messverfahren	Standard
Bezugsanzeige	Jedes Instrument hat einen Referenzpunkt auf seiner Anzeige. Dieser Referenzpunkt ist per se keinem bestimmten Signalpegel zugeordnet, soll jedoch so gewählt sein, dass er vom Programmpegel nur selten überschritten wird.	DIN IEC 60268-10 DIN IEC 60268-17 ITU-T J.27
Bezugs-Eingangsspannung (Bezugspegel)	Effektivwert eines stationären Sinussignals von 1000 Hz, der die Bezugsanzeige ergibt.	DIN IEC 60268-10 DIN IEC 60268-17
Integrationszeit	Dauer eines Tonimpulses eines 5 kHz-Sinussignals bei Bezugspegel, die eine Anzeige 2 dB unter Bezugsanzeige ergibt.	DIN IEC 60268-10
Einschwingzeit	Zeit, in der der Zeiger bei Anlegen des Bezugspegels 99 % der Bezugsanzeige erreicht.	DIN IEC 60268-17
Rücklaufzeit	Zeit, in der die Anzeige nach dem Abschalten eines stationären Eingangssignals von der Bezugsanzeige auf einen definierten Punkt der Skala abfällt.	DIN IEC 60268-10 DIN IEC 60268-17

Tabla 2.1: Características específicas de los medidores de modulación extraídas de (Weinzierl 2008: 555)

Además, se utilizan medidores para controlar el volumen del material de audio. Además de medidas como la incorporación de la percepción auditiva humana, los algoritmos más comunes para la medición del volumen se basan en el registro del valor eficaz (véase Unión Internacional de Telecomunicaciones 2015: 3, 8) a lo largo de periodos de promediado más largos (véase Weinzierl 2008: 555) y, en algunos casos, también a lo largo de todo el contenido del programa (véase Unión Europea de Radiodifusión 2014: 5).

El comportamiento dinámico de los dispositivos se caracteriza en el medidor VU mediante la indicación del tiempo de respuesta, el tiempo de retorno y el comportamiento de sobreoscilación. Los medidores de modulación de tensión de pico se caracterizan a este respecto mediante la indicación del tiempo de retardo (que corresponde, en esencia, al tiempo de respuesta del medidor VU), el tiempo de integración (véase la tabla 2.1), el comportamiento de sobreoscilación (que corresponde, en esencia, a la indicación prescrita para los medidores VU) y el tiempo de retorno. Además, el comportamiento dinámico de estos últimos debe indicarse mediante los resultados de una medición con impulsos de tensión sinusoidales de frecuencia fija, en la que se acorta la duración del impulso y se registran los niveles correspondientes mostrados. Asimismo, se especifican otras mediciones en las que se varían la duración del impulso, la amplitud o la frecuencia. Aparte de que los datos mencionados solo aparecen de forma limitada en las fichas técnicas

de los dispositivos correspondientes[1] , la descripción de las propiedades dinámicas podría formularse y presentarse de forma algo más uniforme para el usuario final.

En resumen, los valores decisivos para la medición de la modulación son, en primer lugar, el valor de cresta (Peak), el valor rectificado (ARV) y el valor eficaz (RMS). Además, parecen faltar especificaciones para una presentación uniforme del comportamiento dinámico de los dispositivos, que sean adecuadas en cuanto a alcance y comprensibilidad de la información en las fichas técnicas y los manuales de instrucciones.

2.3 Estructura y funcionamiento del medidor VU de montaje propio

Para una mejor comparabilidad de las cualidades de los dispositivos medidos en lo que respecta a los conocimientos resultantes de los resultados de las mediciones, además de los instrumentos de medición fabricados para uso profesional, se incluyó en la medición un medidor VU ensamblado a partir de elementos prefabricados.

A modo de ejemplo de la estructura y el funcionamiento de los medidores VU, se examinarán aquí con algo más de detalle los componentes de este dispositivo de montaje propio.

Como mecanismo de medición con la escala correspondiente se utilizó el SEW ST-475[2] (véase la figura 2.3). Se trata de un mecanismo de bobina móvil con núcleo magnético (véase la figura 2.4). El imán permanente situado en el interior de una bobina montada de forma giratoria genera un campo magnético homogéneo. Al aplicar una tensión a la bobina giratoria y, con ello, provocar el flujo de corriente, se genera, en combinación con el campo magnético, un par eléctrico que hace que la aguja se desplace (véase Felderhoff: 87 y ss.).

[1] p. ej., en el RTW 1206D (RTW 2004:2)
[2] Para más información, véase (SEW s. f.)

Figura 2.3: SEW ST-475

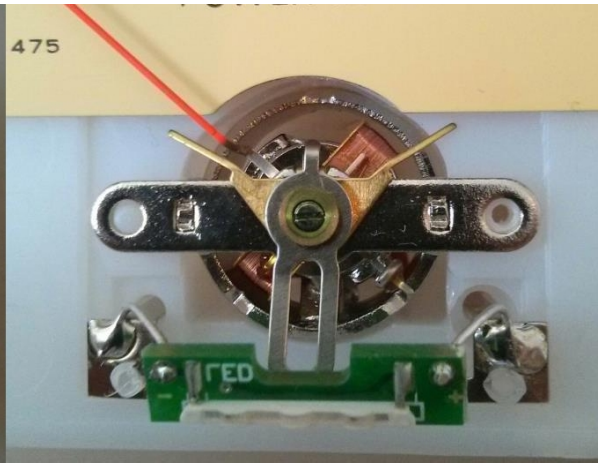


Figura 2.4: Mecanismo de medición de bobina giratoria del SEW ST-475

Con ayuda de una placa prefabricada (véase JLM Audio s. f.) se creó un circuito cuya estructura se puede ver parcialmente en la figura 2.5. Otras partes del esquema eléctrico se refieren a la alimentación de tensión y al control de un indicador de picos LED opcional.

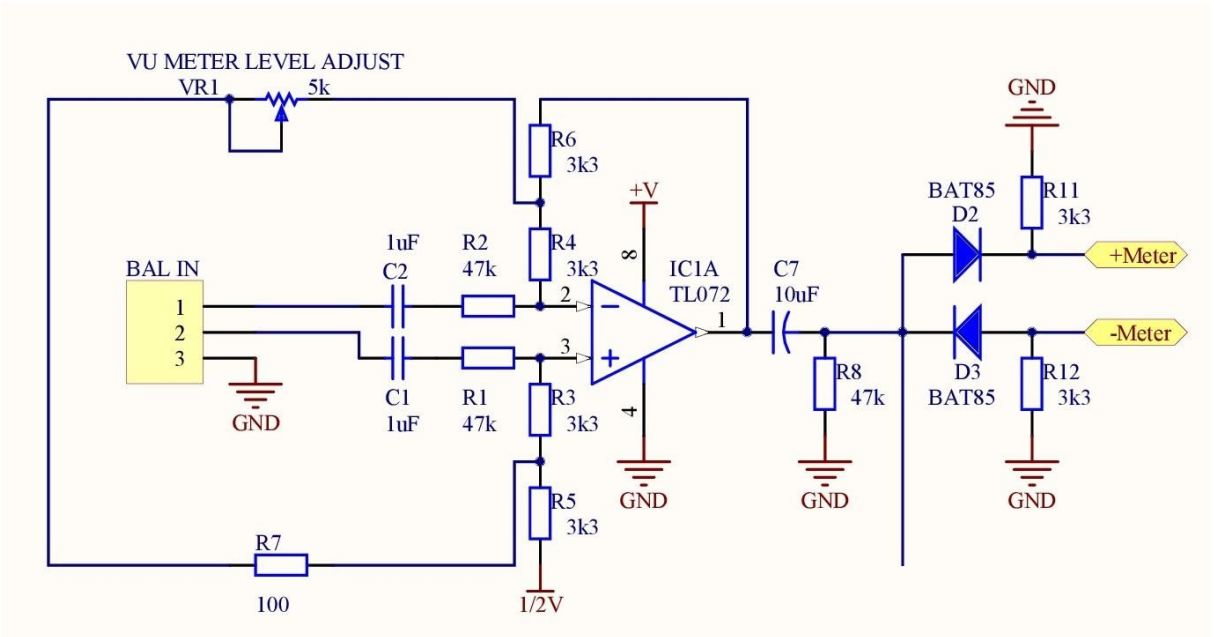


Figura 2.5: Detalle del esquema del búfer del medidor VU de JLM Audio (JLM Audio 2013)

La función principal del circuito es amplificar la señal de entrada mediante el TL072 con el menor nivel posible de distorsión y ruido, pudiendo controlarse el nivel de la tensión resultante mediante la resistencia variable VR1. Los diodos D2 y D3 actúan entonces como rectificadores. Esto es necesario, ya que la dirección de la oscilación del medidor de bobina móvil depende de la polaridad de la tensión aplicada, es decir, de la dirección de la corriente.

El circuito terminado se puede ver en la figura 2.6.

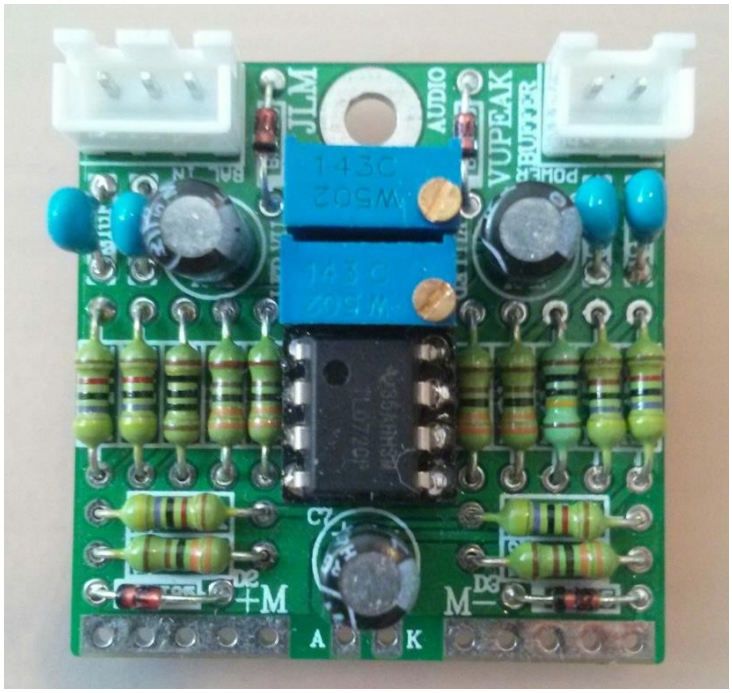


Figura 2.6: Búfer del medidor VU de JLM Audio terminado

2.4 Dinámica de la señal

El factor de cresta o factor de pico[3]es un indicador adecuado de la dinámica de las señales de audio. Este expresa la relación entre el valor de cresta $\hat{u}$ y el valor *eficaz* U de una tensión alterna. La fórmula para el valor eficaz de una tensión u que varía periódicamente en el tiempo es:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2\,dt} \qquad (2.1)$$

(Véase Hagmann 2011: 207)

[3] El factor de cresta se utiliza, por ejemplo, en el software «TT Dynamic Range Meter» para registrar la dinámica de las señales de audio (véase Pleasurize Music Foundation: 12)

El factor de cresta σ se define como:

$$\sigma = \frac{\hat{u}}{U} \tag{2.2}$$

(Véase Hagmann 2011: 211)

Dado que el factor de cresta en la producción musical puede variar entre más de 10 dB y 20 dB, los valores mostrados por un medidor de nivel también diferirían en este factor, dependiendo de si se mide el valor eficaz o la amplitud (véase Rane Corporation s. f.).

Para modificar la dinámica, es decir, el factor de cresta, de una señal, conviene influir en el valor eficaz de la señal. Esto se puede lograr, al utilizar una señal pulsada, mediante

. El factor de duty cycle *g* describe la relación entre la duración del pulso τ y la
T, y se define como:

$$g = \frac{\tau}{T} \tag{2.3}$$

(Véase Freyer 2013: 23)

El efecto exacto del factor de duty cycle sobre el valor eficaz de la señal y, por lo tanto, sobre su factor de cresta, puede observarse a partir de una tensión de impulso rectangular, cuyo valor eficaz depende del factor de duty cycle según la siguiente relación:

$$U = \sqrt{\frac{\tau}{T}} \cdot \hat{u} \tag{2.4}$$

(Véase Bastian 2012:
131)

Si partimos de una señal sinusoidal, la relación mencionada para el valor eficaz se puede describir de la siguiente manera:

$$U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{\tau}{T}} \tag{2.5}$$

En resumen, la dinámica de una señal sinusoidal pulsada puede expresarse mediante el factor de cresta, que, con una amplitud constante, puede verse influido por la variación del factor de duty cycle y, por lo tanto, del valor eficaz.

Además, el valor rectificado y la amplitud de la señal sinusoidal pueden calcularse, conociendo el valor eficaz, mediante las siguientes fórmulas. Para el valor rectificado $|\overline{u}|$ se aplica:

$$|\overline{u}| = \frac{2}{\pi}\hat{u} \tag{2.6}$$

(Véase Hagmann 2011: 205)

Para la amplitud $\hat{u}$ se aplica:

$$\hat{u} = U \cdot \sqrt{2} \tag{2.7}$$

(Véase Hagmann 2011: 208)

Las relaciones descritas entre el factor de cresta/factor de duty y los valores medibles para una señal sinusoidal se presentan a continuación en forma de tabla (véase la tabla 2.2) y de gráfico (véase la figura 2.7).

Ciclo de trabajo	Factor de cresta en dB	Pico en dB	RMS en dB	ARV en dB
1	3,0	0,0	-3,0	-3,9
1/2			-6,0	
1/3	7,8	0,0	-7,8	-13,5
1/4	9,0	0,0	-9,0	-16,0
1/5	10,0	0,0	-10,0	-17,9
1/6	10,8	0,0	-10,8	-19,5
1/7	11,5	0,0	-11,5	-20,8
1/8	12,0	0,0	-12,0	-22,0
1/9	12,6	0,0	-12,6	-23,0
1/10	13,0	0,0	-13,0	-23,9
1/11	13,4	0,0	-13,4	-24,7
1/12	13,8	0,0	-13,8	-25,5
1/13	14,1	0,0	-14,1	-26,2
1/14	14,5	0,0	-14,5	-26,8
1/15	14,8	0,0	-14,8	-27,4
1/16	15,1	0,0	-15,1	-28,0
1/17	15,3	0,0	-15,3	-28,5
1/18	15,6	0,0	-15,6	-29,0
1/19	15,8	0,0	-15,8	-29,5
1/20	16,0	0,0	-16,0	-29,9
1/30	17,8	0,0	-17,8	-33,5
1/50	20,0	0,0	-20,0	-37,9

Tabla 2.2: Resumen tabular de la relación entre ciclo de trabajo, factor de cresta, pico, RMS y ARV

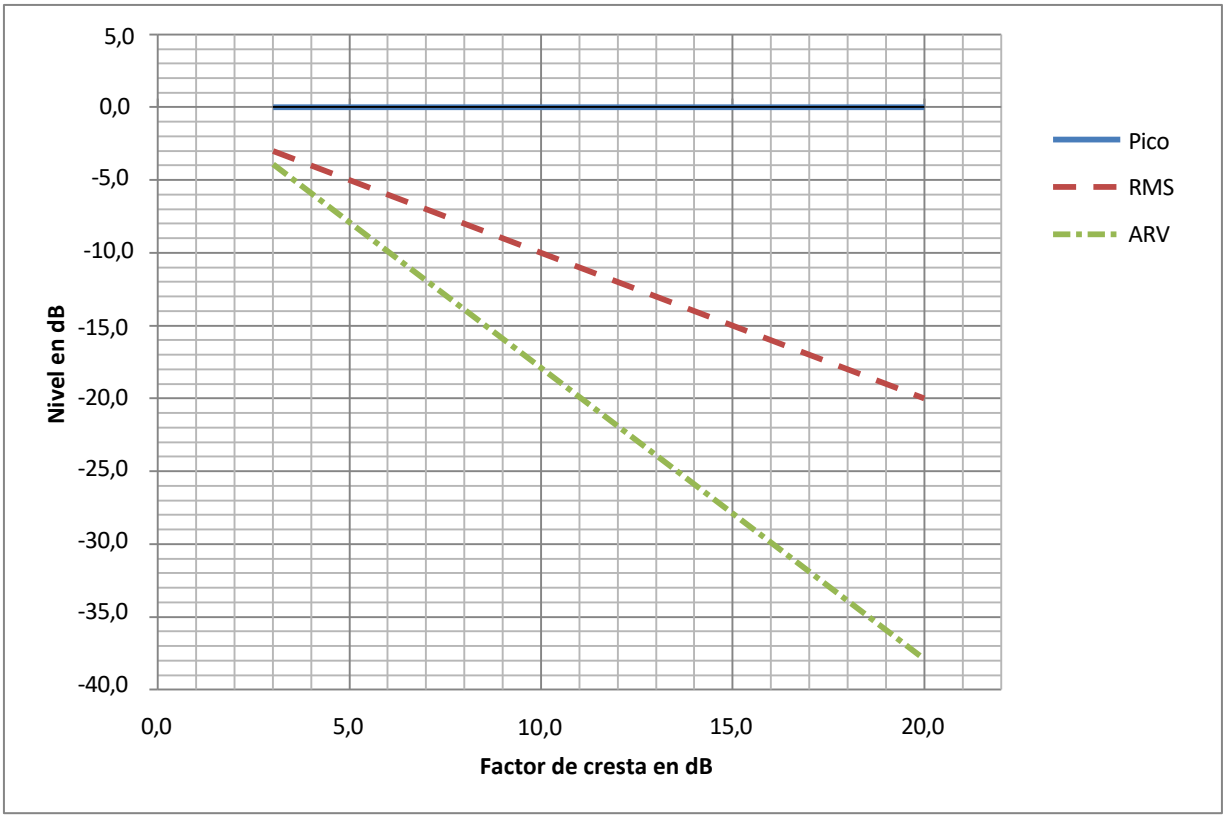


Figura 2.7: Gráfico de pico, RMS y ARV en función del factor de cresta

Los medidores ideales, dependiendo de si deben medir el valor de pico, RMS o ARV de una señal, indicarían exactamente los niveles de la tabla 2.2. A partir de la representación de la figura 2.7 se puede apreciar claramente cómo la dinámica de la señal influye en los niveles indicados en cada caso.

3. Montaje experimental y realización de las mediciones

Teniendo en cuenta la información y las consideraciones expuestas en el capítulo 2, la configuración experimental, siguiendo el modelo de la medición realizada por Acuña (véase Acuña 2015), es la siguiente: mediante una señal sinusoidal pulsada se examina el comportamiento dinámico de diferentes medidores de modulación variando la duración del pulso.

3.1 Hardware y software utilizados

Para generar la señal se utilizó el software gratuito de edición de audio «Audacity»[4] . La reproducción y edición de la señal para las mediciones se realizó con el software «Studio One 3 Prime» de la empresa «PreSonus», que es una versión de prueba gratuita del software DAW[5] . La reproducción se realizó a través de una salida balanceada de la interfaz USB «Saffire 6 USB» de la empresa «Focusrite» [6] .

Para evitar una distorsión de los valores de medición, se comprobó previamente la linealidad de la salida de la interfaz USB mediante una medición a aproximadamente el 90 % de la ganancia máxima ajustable en la interfaz (véase la tabla 3.1). Por encima de 3 dBFS comienzan a aparecer las distorsiones esperadas; por debajo de este valor límite, la interfaz funciona con suficiente linealidad. La medición se realizó con una señal sinusoidal continua con una frecuencia de 1000 Hz.

Para la medición de la tensión alterna se utilizó el multímetro digital «Hyelec MS8233D»[7] .

[4] Para más información, véase (Equipo de desarrollo de Audacity, sin fecha)
[5] Para más información, véase (PreSonus 2015)
[6] Para más información, véase (Focusrite s. f.)
[7] Para más información, véase (Goods archive s. f.)

dBFS	Tensión en la salida en voltios	Tensión de salida en dB
5	2,440	4,2
4	2,300	3,7
3	2,120	3,0
2	1,895	2,1
1	1,687	1,0
0	1,496	0,0
-1	1,341	-1,0
-2	1,195	-2,0
-3	1,064	-3,0
-4	0,948	-4,0
-5	0,844	-5,0
-6	0,752	-6,0
-7	0,670	-7,0
-8	0,597	-8,0
-9	0,531	-9,0
-10	0,473	-10,0
-15	0,264	-15,1
-20	0,147	-20,2
-25	0,082	-25,2
-30	0,047	-30,1
-50	0,004	-51,5

Tabla 3.1: Tensión medida en la salida de la interfaz USB Saffire 6

3.2 Medidores de nivel utilizados

Los medidores de nivel utilizados para la medición proceden de diferentes ámbitos de aplicación. Así, además de aparatos individuales, se utilizaron, por ejemplo, instrumentos de medición integrados en otros equipos de ingeniería de sonido. Con ello se pretendía comprobar si el método de medición es aplicable de manera uniforme a medidores de nivel de diferentes ámbitos de aplicación y con diferentes requisitos, y si proporciona resultados válidos. Salvo que se indique lo contrario, en lo sucesivo se utilizará el nombre del equipo completo para referirse a los instrumentos de medición integrados.

Dado que el método de medición descrito por Acuña es adecuado principalmente para medidores VU y que, en el caso de estos, rara vez se proporcionan datos más precisos sobre su comportamiento dinámico, o bien pueden diferir considerablemente debido a su diseño técnico (véase Acuña 2015: 584), se seleccionaron principalmente este tipo de dispositivos para la medición.

Dado que la medición tiene como objetivo principal una caracterización más precisa de los dispositivos en cuanto a precisión de medición y comportamiento dinámico, y que debe ser aplicable de manera uniforme, en este punto no

entrar en detalles sobre la información facilitada al respecto para los dispositivos. Los datos obtenidos de la medición deben poder evaluarse incluso sin un conocimiento más preciso de las propiedades de cada uno de los instrumentos de medición.

La medición se realizó con los siguientes dispositivos:

- Un medidor de picos RTW 1204A[8], operando con un tiempo de integración de 10 ms (véase la figura 3.2).
- El medidor VU montado ad hoc, cuya estructura se describe con más detalle en el capítulo 2.3 (véase la figura 3.1).
- Un DK-Audio MSD100T[9] , operando en modo VU (véase la figura 3.3). Se trata de un dispositivo con entradas analógicas y pantalla digital, que puede funcionar en diferentes modos.
- Un medidor VU integrado en el compresor estéreo API 2500[10] (véase la figura 3.4).
- Un medidor VU integrado en la mesa de mezclas Solid State Logic C200 HD[11] (véase la figura 3.5).

Figura 3.1: Pantalla del SEW ST-745 utilizado en el medidor VU de montaje propio

[8] Para más información, véase (RTW s. f.)
[9] Para más información, véase (DK-Audio s. f.)
[10] Para más información, véase (API s. f.)
[11] Para más información, véase (Solid State Logic 2011)

Figura 3.2: RTW 1204A

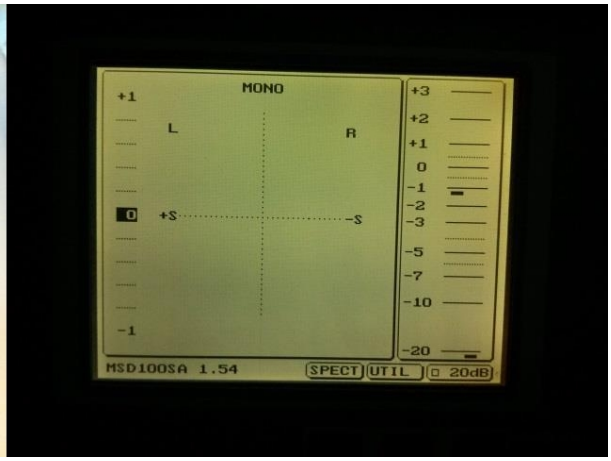


Figura 3.3: Pantalla del DK-Audio MSD100T en modo VU

Figura 3.4: Pantalla de los medidores VU del API 2500 Stereo Compressor

Figura 3.5: Pantalla del medidor VU del Solid State Logic C200 HD

3.3 Método de medición

Para cada medidor de nivel se realizaron las dos mediciones siguientes:

1. Una medición con señal sinusoidal continua, en la que la tensión de salida se ajusta a 0 dBFS mediante el ajuste correspondiente del nivel de salida de la interfaz USB a 0 dB (o 0 VU) en la pantalla del medidor de nivel. Se mide y se registra el valor eficaz correspondiente de la tensión para una señal con una frecuencia de 1000 Hz. A continuación, se modifica el nivel en dBFS hasta alcanzar los niveles legibles (que varían según el dispositivo o la escala). Se registran entonces los valores en dBFS correspondientes a los niveles indicados. A partir de estos, y conociendo el valor eficaz a 0 dBFS, se pueden determinar matemáticamente los valores eficaces, rectificados y de cresta correspondientes.

2. Por último, para examinar el comportamiento dinámico de los medidores de modulación, se ajusta el nivel de una señal sinusoidal continua de tal manera que se obtenga la indicación más alta posible en el medidor de modulación. A continuación, se reduce la duración del impulso de la señal sinusoidal hasta alcanzar los niveles legibles del medidor de modulación. Se registran los grados de modulación correspondientes a los valores indicados. La duración del periodo debe elegirse de tal manera que el medidor haya vuelto a alcanzar su estado de reposo entre impulsos, es decir, el estado sin señal aplicada. Esto se ajusta a los requisitos para la medición del comportamiento dinámico de la norma DIN IEC 60268-10 (Deutsches Institut für Normung e.V. 1994: 8). Por lo tanto, la medición comienza con una duración de periodo que corresponde al doble del tiempo de retorno del dispositivo en cuestión, es decir, con un ciclo de trabajo de 0,5. También en este caso se determinan matemáticamente los valores eficaces y rectificados, mientras que la amplitud no se modifica.

Ambos métodos de medición se llevaron a cabo con señales sinusoidales de diferentes frecuencias, siguiendo una recomendación de Acuña para ampliar su ensayo de medición (Acuña 2015: 589). La selección de las frecuencias utilizadas, a saber, 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz, 8000 Hz y 16 000 Hz, se basa en las especificaciones de frecuencias estándar extraídas de la norma DIN EN ISO 266 y en el rango de frecuencias relevante para las producciones sonoras.

4. Evaluación de los resultados de las mediciones

A la hora de evaluar los datos de medición, hay que tener en cuenta sobre todo las diferencias entre los resultados de las dos mediciones descritas en el capítulo 3.3. De este modo, se puede evaluar mejor el comportamiento dinámico de los aparatos medidos si se compara el comportamiento de la indicación al variar el nivel de la señal de entrada con los valores indicados al cambiar el nivel a través del factor de cresta. Los diagramas correspondientes se titulan «Estático» o «Dinámico». Mientras que en el primero se equipara 0 dB en la pantalla con 0 dB RMS y, a modo de comparación, se trazan los gráficos de los valores RMS, ARV y de pico, en el segundo conviene fijar tanto la curva de los valores RMS como la de los valores ARV en la representación a un nivel de 0 dB con un nivel de entrada de 0 dB. De este modo se aprecia mejor qué comportamiento sigue el medidor de modulación cuando cambia la dinámica de la señal. El valor de pico permanece inalterado. Esta forma de representación también la utiliza Acuña (Acuña 2015: 586 y ss.).

Los niveles aplicados a los dispositivos durante la medición del comportamiento dinámico pueden calcularse, si se conoce el factor de modulación o factor de cresta, tal y como se describe en el capítulo 2.2.

Además, se analizará si las reacciones difieren entre señales continuas y pulsadas a diferentes frecuencias.

Dado que, dependiendo del dispositivo y de la frecuencia de la señal, no se pudieron alcanzar de otra manera los valores más bajos de la escala, se incluyeron también, en aras de la exhaustividad, los resultados para señales con una duración inferior a un periodo. Esto ocurre sobre todo con el medidor de picos y al utilizar señales de baja frecuencia.

Para la interpretación de los resultados, también hay que tener en cuenta las diferentes duraciones de los periodos utilizados en la medición debido a los distintos tiempos de retorno. En el caso de esta serie de mediciones, se pudo determinar un tiempo de retorno de unos 400 ms desde el punto más alto de la escala para todos los medidores VU, así como para el DK-Audio MSD100T. En el RTW 1204A, por otro lado, este tiempo ascendió a 2,5 s.

A continuación se presentan y evalúan los diagramas elaborados a partir de los datos de medición para todos los medidores de nivel utilizados. Cuando la curva es lineal, se prescinde de la representación visual. En general, se muestran los resultados de la medición con una señal de 1000 Hz. Si los resultados de la medición difieren considerablemente con otras frecuencias de señal, se presentan en un diagrama adicional.

4.1 RTW 1204A

Mientras que en el RTW 1204A los valores mostrados con una señal de prueba continua en todas las frecuencias se corresponden perfectamente con los niveles ajustados, se observan algunas irregularidades en la medición del comportamiento dinámico (véase la figura 4.1). Cuando la duración del impulso es inferior al tiempo de integración ajustado de 10 ms, los niveles mostrados disminuyen, como era de esperar. Sin embargo, por ejemplo, con una frecuencia de señal de 1000 Hz, ya se deben esperar valores mostrados por debajo de -3 dB, la duración del impulso debe ser inferior a la de un periodo.

En este sentido, el comportamiento dinámico real solo puede deducirse de forma limitada a partir de los resultados, ya que no es posible distinguir qué se debe a la influencia de los posibles períodos interrumpidos y qué al comportamiento real con una dinámica de señal modificada.

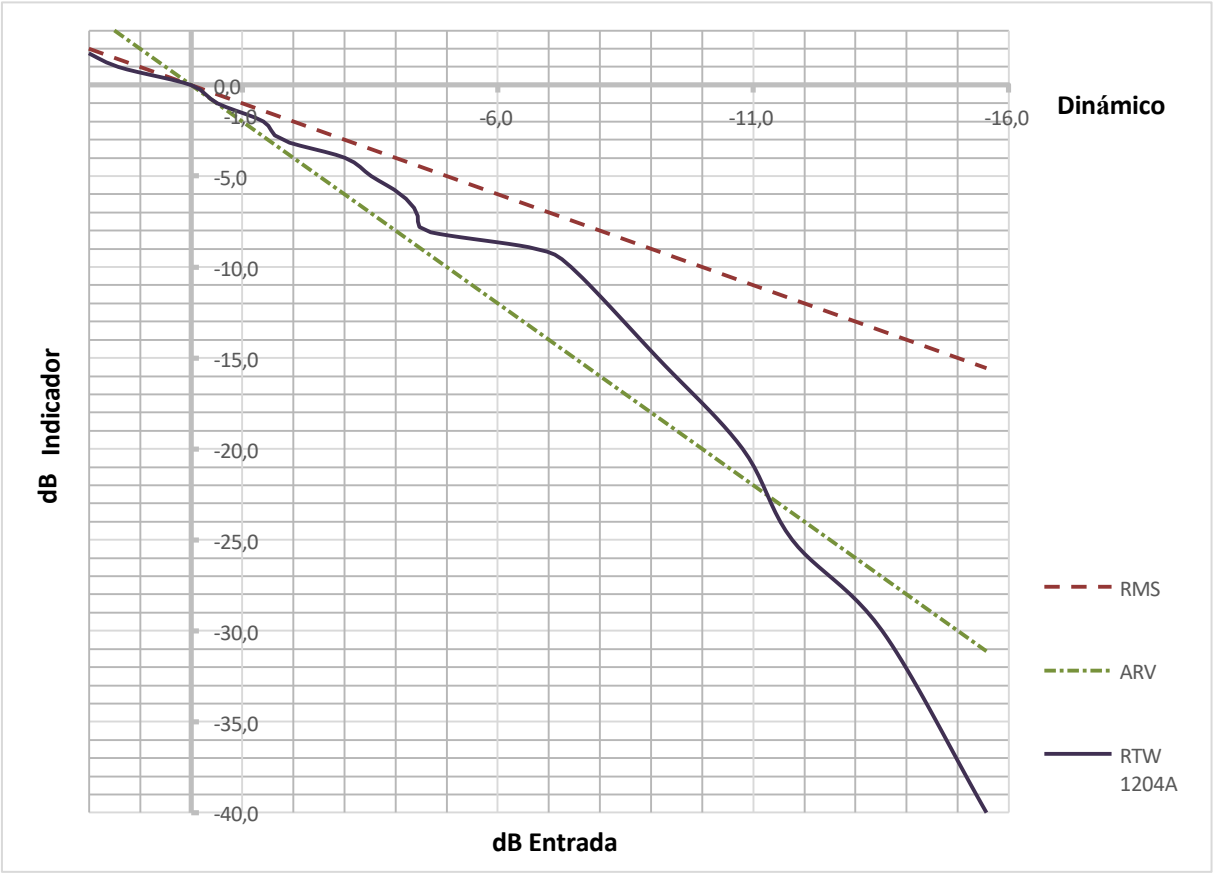


Figura 4.1: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del RTW 1024A con una señal de 1000 Hz

La problemática descrita anteriormente, relativa a los impulsos demasiado cortos, probablemente también explique los resultados diferentes observados en otras frecuencias (véase la figura 4.2).

Sin embargo, a frecuencias más altas se observa un comportamiento dinámico del RTW 1204A que se sitúa entre el de un medidor RMS ideal y el de un medidor ARV ideal.

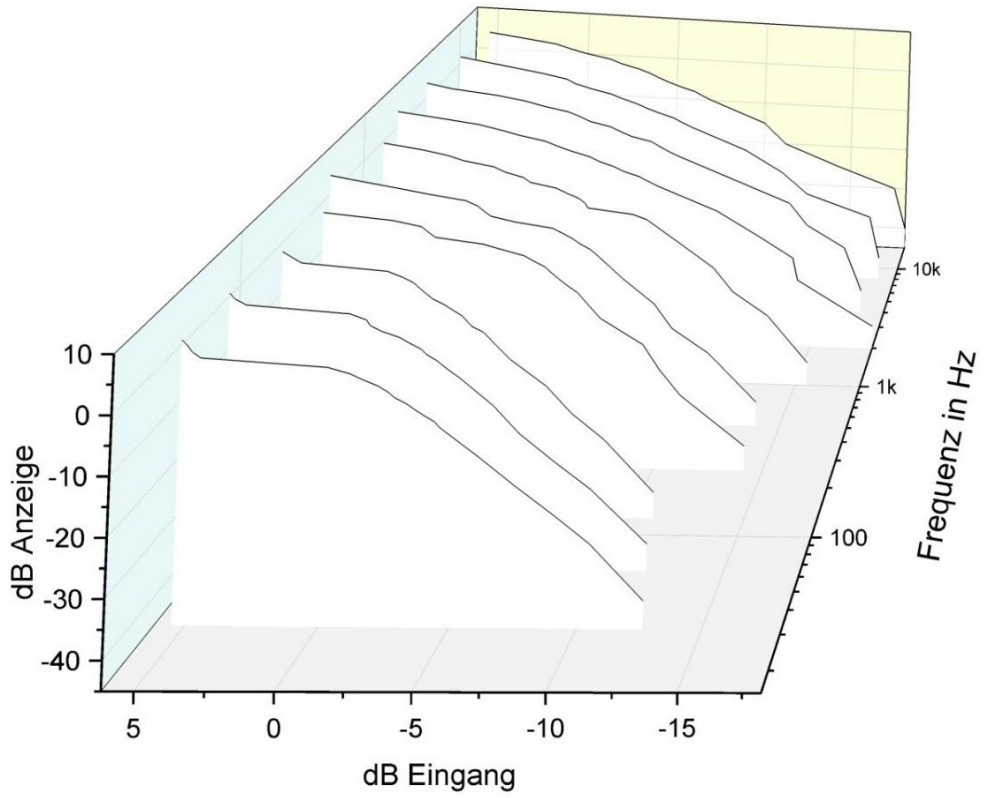


Figura 4.2: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del RTW 1204A con señales de diferentes frecuencias

4.2 Medidor VU de montaje propio

Al realizar la medición con una señal continua, el medidor VU muestra un comportamiento de indicación muy impreciso (véase la figura 4.3). Si el dispositivo estuviera calibrado a 0 VU a 0 dB, mostraría valores demasiado altos con niveles de entrada bajos y, a partir de unos -10 dB, incluso valores por encima del valor de pico. Esto se observa en todas las frecuencias de señal probadas.

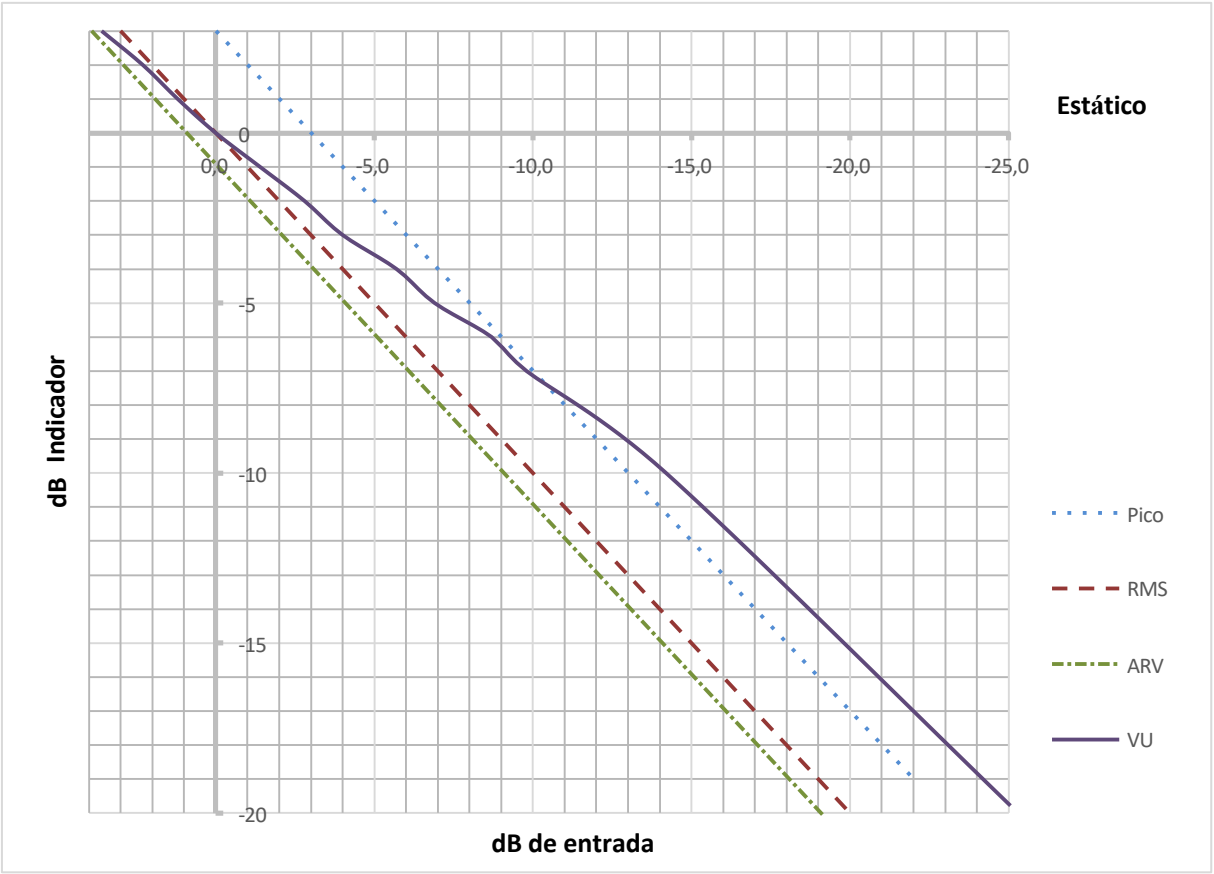


Figura 4.3: Representación de los resultados de la medición del medidor VU de montaje propio con una señal continua de 1000 Hz

Por el contrario, los resultados de la medición del comportamiento dinámico se sitúan sorprendentemente cerca de los valores RMS (véase la figura 4.4). Esta diferencia podría explicarse por el hecho de que, aunque el mecanismo de medición funciona de forma lineal, el circuito anterior no lo hace. Sin embargo, con la misma amplitud de señal, el medidor reproduciría los valores RMS de forma aproximadamente correcta incluso con señales más dinámicas. A bajas frecuencias se observa un comportamiento diferente (véase la figura 4.5), lo que, a su vez, puede explicarse por el hecho de que, en este caso, para los valores más bajos de la escala deben seleccionarse duraciones de impulso que sean inferiores a las duraciones de periodo correspondientes a estas frecuencias. Por lo demás, el comportamiento dinámico es similar en todas las frecuencias medidas.

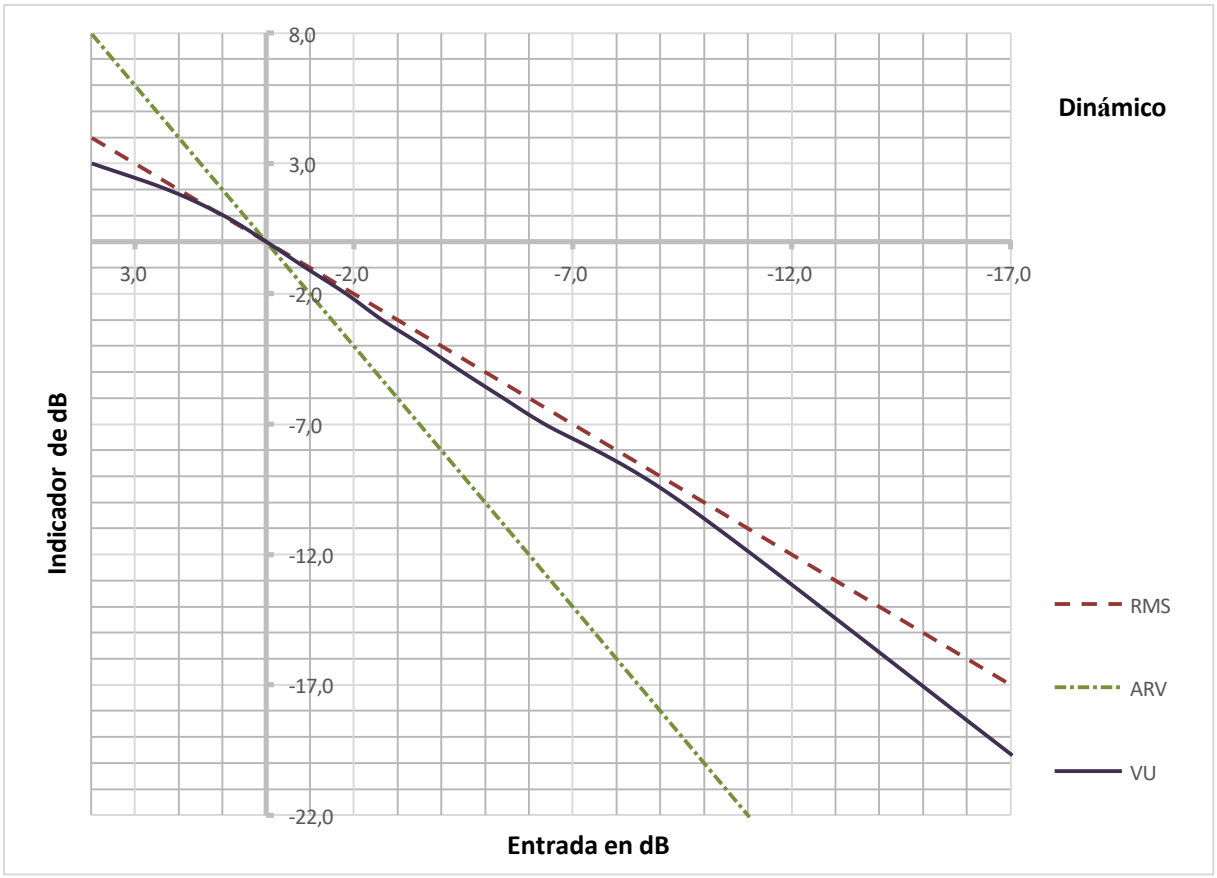


Figura 4.4: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del medidor VU de montaje propio con una señal de 1000 Hz

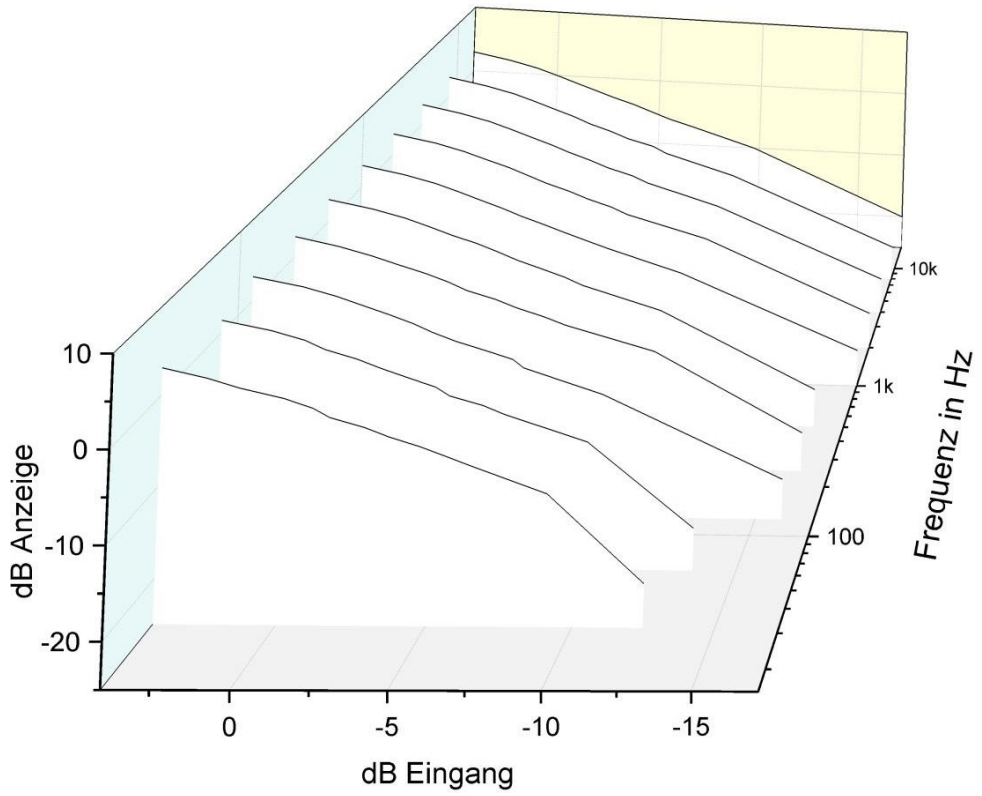


Figura 4.5: Representación de los resultados de la medición del medidor VU de montaje propio. Comportamiento del RTW 1204A con señales de diferentes frecuencias

4.3 DK-Audio MSD100T

Este dispositivo también reproduce correctamente los niveles con una señal continua. Al medir el comportamiento dinámico (véase la figura 4.6), se observa que el MSD100T proporciona lecturas entre el valor RMS y el ARV para señales más dinámicas. En otras frecuencias de señal se observan irregularidades (véase la figura 4.7), que en las frecuencias bajas también se deben aquí a impulsos demasiado cortos. Otras desviaciones podrían deberse a los métodos de cálculo/medición del dispositivo. Por lo tanto, las características de un medidor VU solo se reproducen de forma limitada.

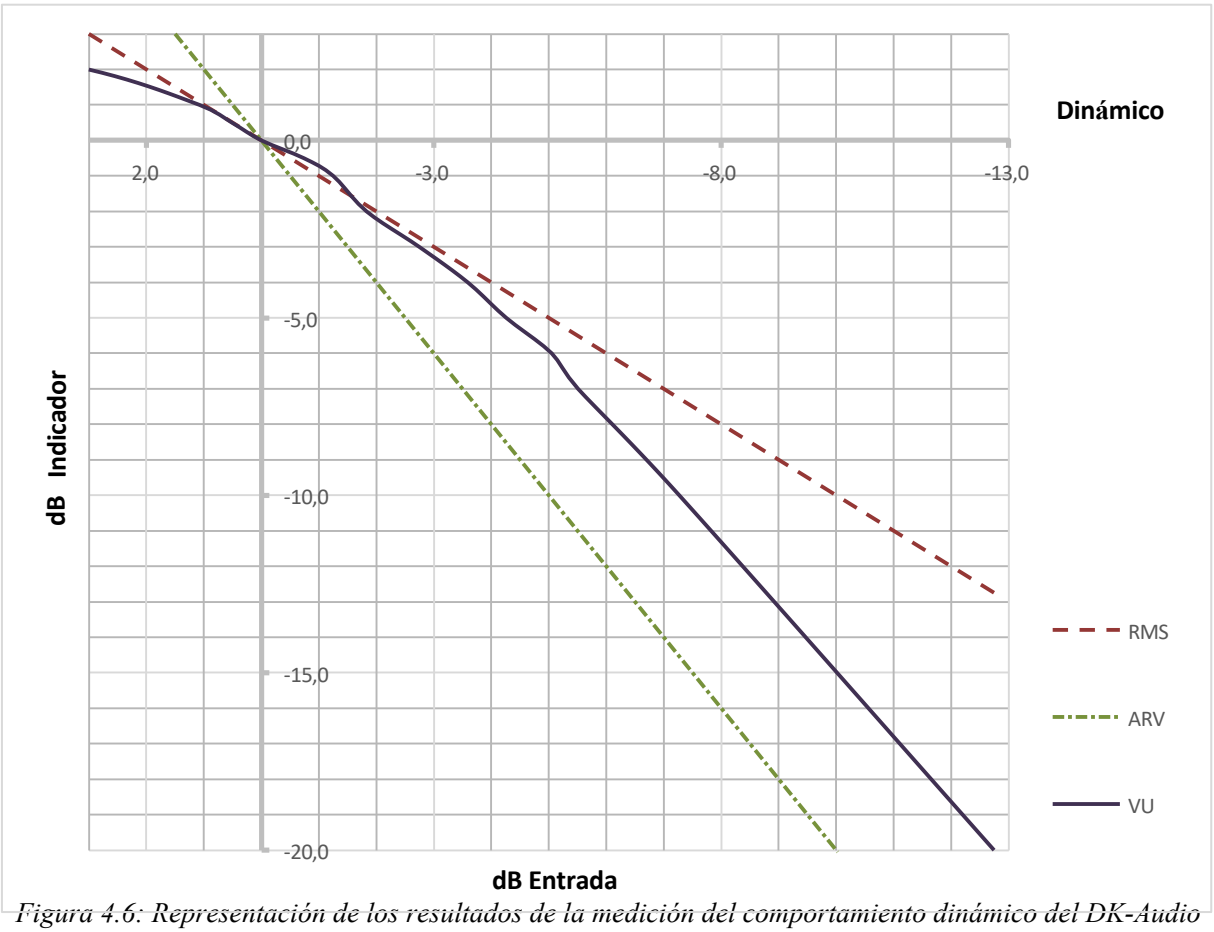


Figura 4.6: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del DK-Audio MSD100T con una señal de 1000 Hz

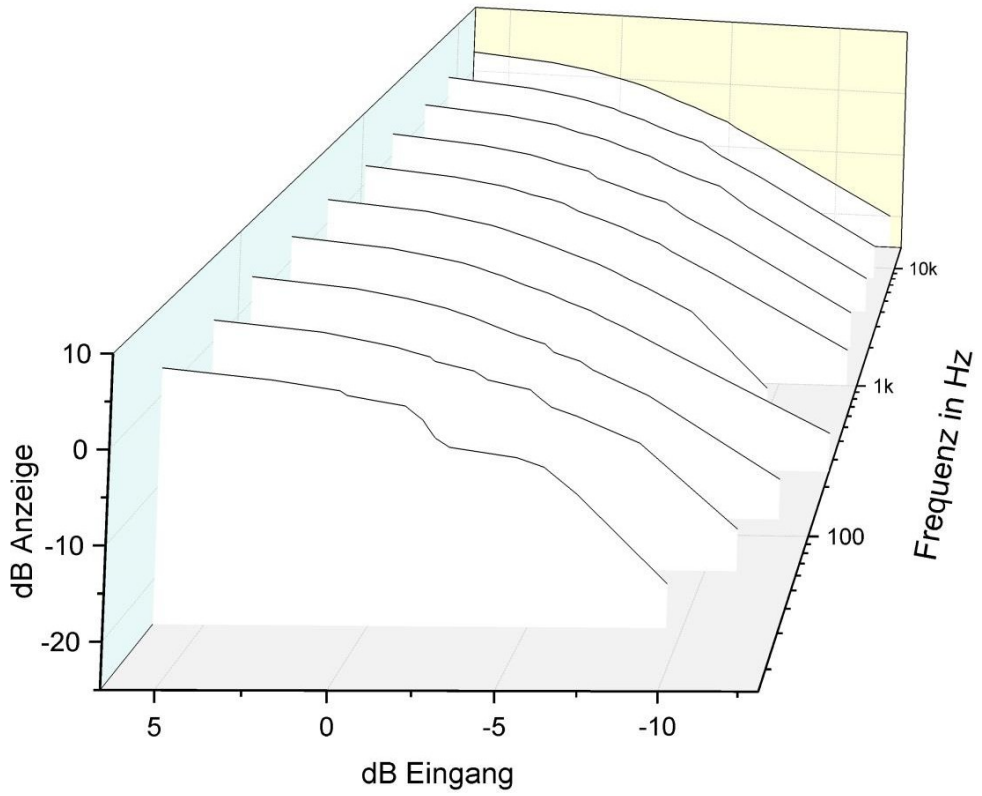


Figura 4.7: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del DK-Audio MSD100T con señales de diferentes frecuencias

4.4 Compresor estéreo API 2500

Los valores mostrados por el API 2500 resultan demasiado altos cuando se utiliza la señal de medición continua con niveles de entrada más bajos (véase la figura 4.8). Si se calibrara a 0 dB RMS, en los valores más bajos de la escala se mostraría aproximadamente el valor de pico. No se observa ningún cambio con diferentes frecuencias de señal.

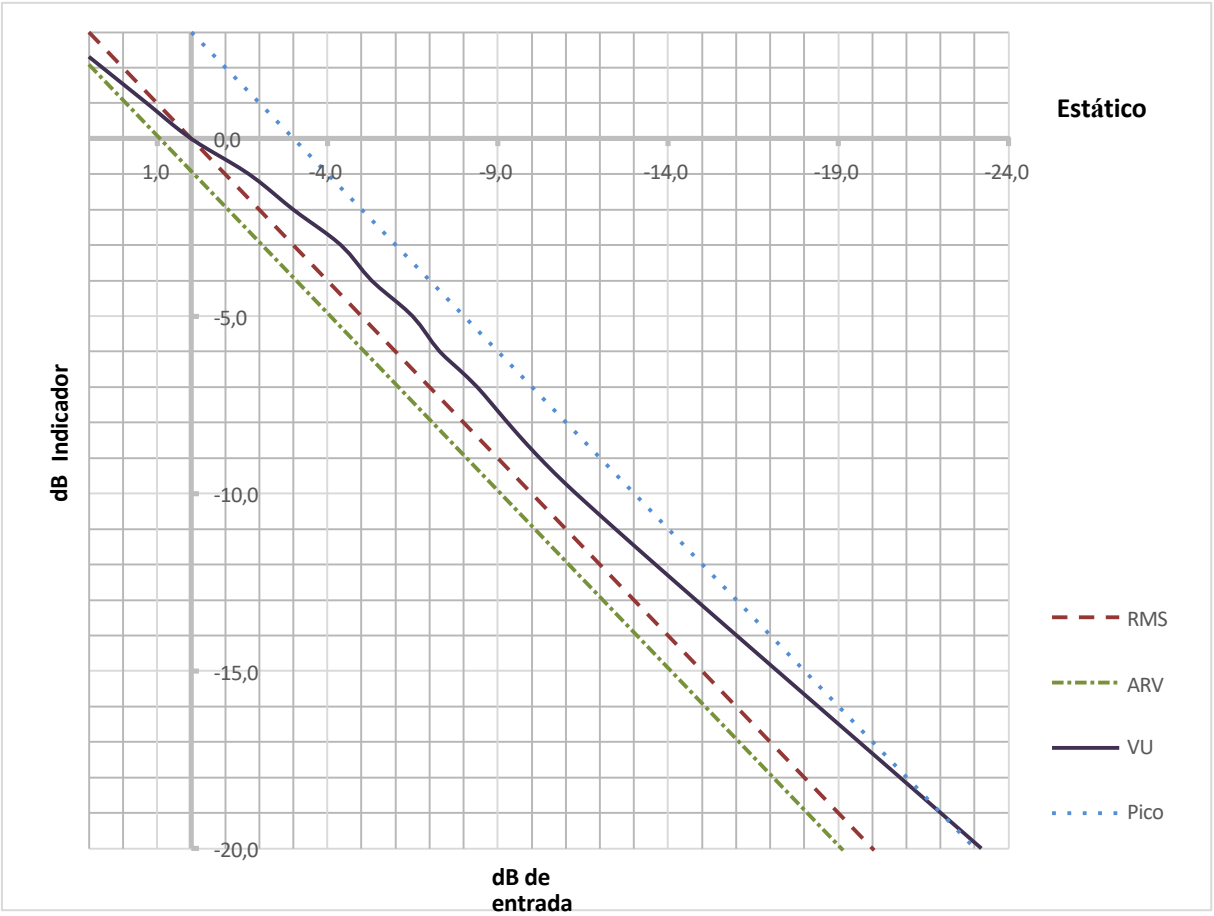


Figura 4.8: Representación de los resultados de la medición del compresor estéreo API 2500 con una señal continua a una frecuencia de 1000 Hz

Los resultados de la medición del comportamiento dinámico también se sitúan cerca de los valores RMS en este medidor VU (véase la figura 4.9). Los resultados son prácticamente idénticos en todas las frecuencias de señal medidas.

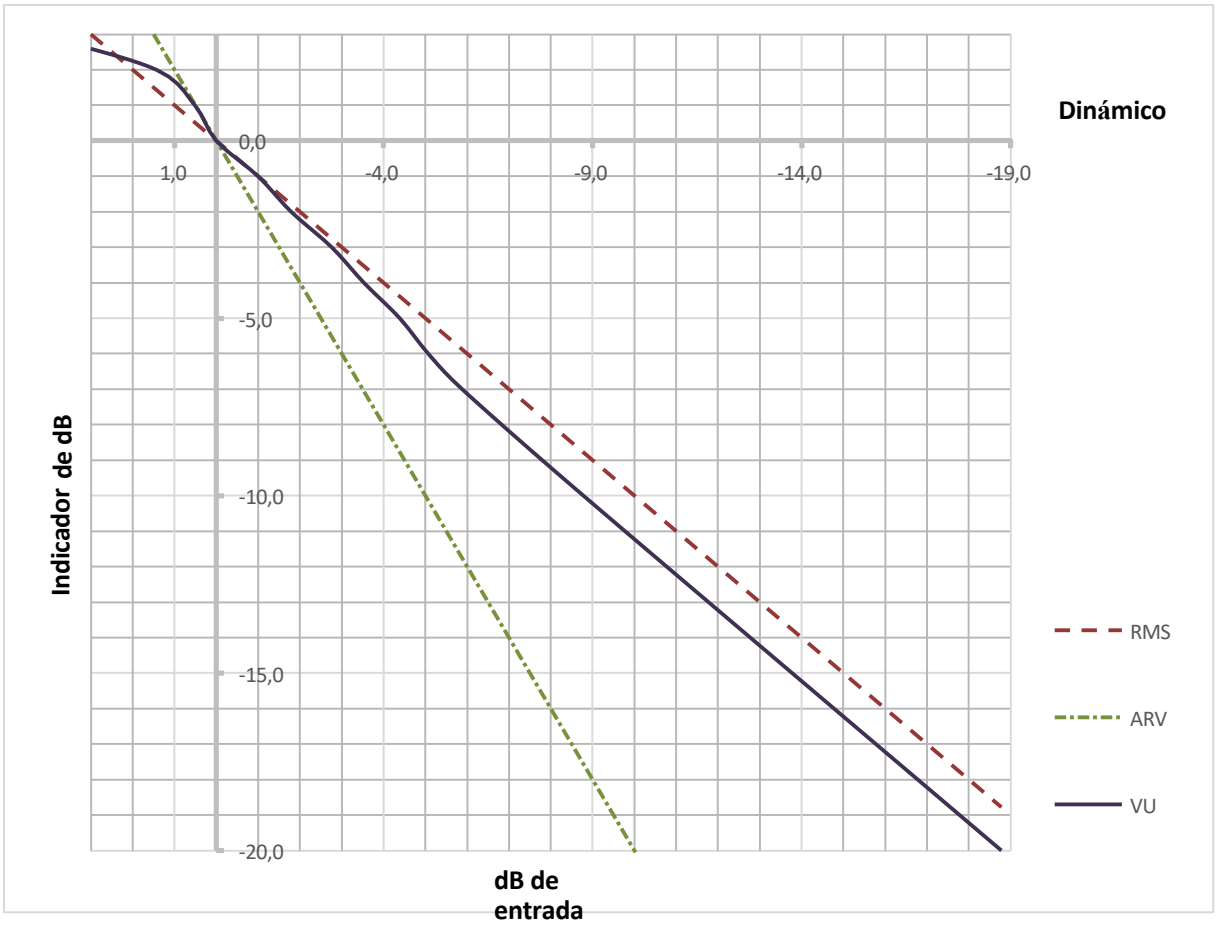


Figura 4.9: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del compresor estéreo API 2500 con una señal de 1000 Hz

4.5 Solid State Logic C200HD

A diferencia de todos los demás medidores VU utilizados en la medición, este dispositivo presenta un comportamiento de indicación muy lineal en todas las frecuencias con una señal de medición continua. La medición del comportamiento dinámico proporciona indicaciones que, con niveles de entrada más altos, se sitúan cerca del valor RMS, y con niveles de entrada más bajos, entre los valores RMS y ARV (véase la figura 4.10). En otras frecuencias de señal, los resultados son similares, con pequeñas desviaciones (véase la figura 4.11). Un resultado ligeramente más divergente en la señal de mayor frecuencia de las utilizadas podría deberse, por ejemplo, al comportamiento modificado de la circuitería interna del dispositivo con señales por encima de una determinada frecuencia.

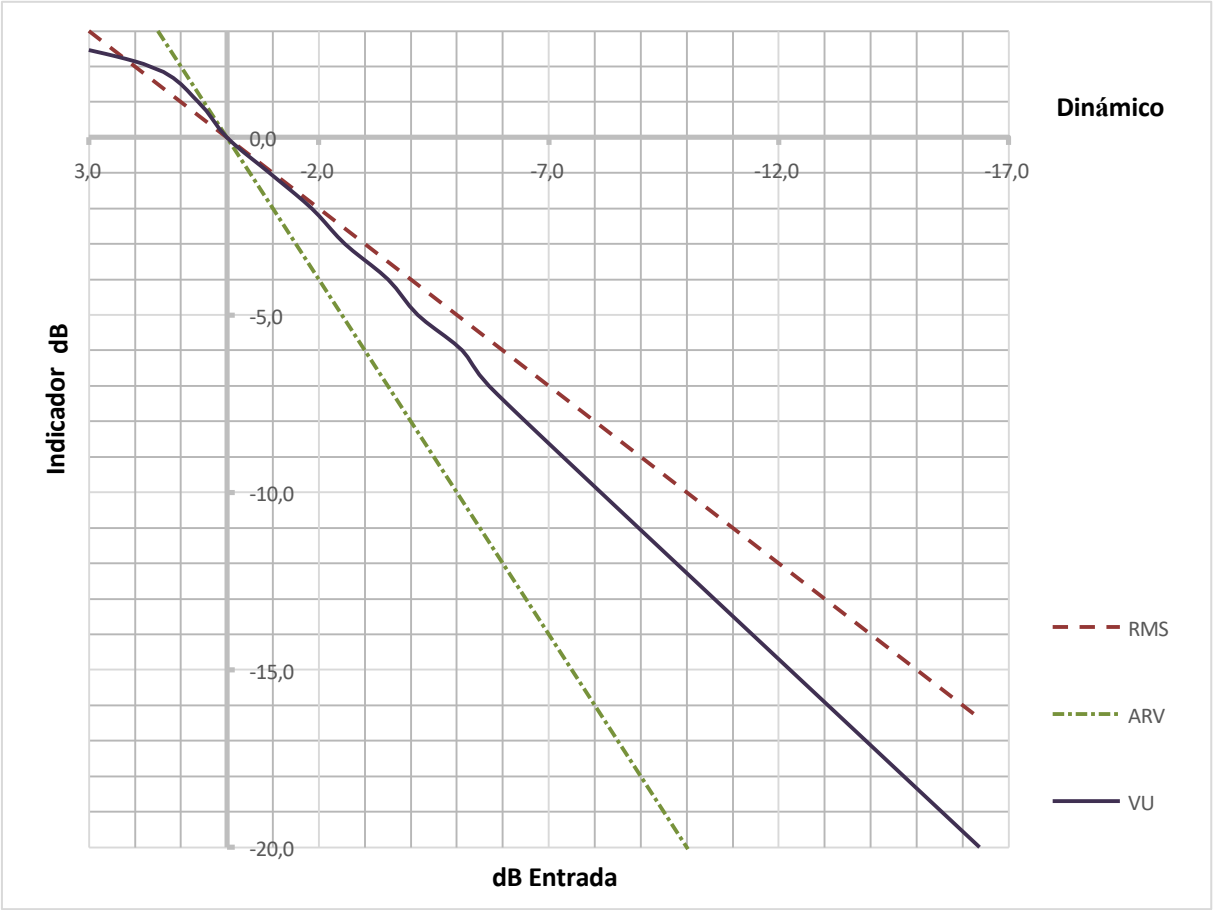


Figura 4.10: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del Solid State Logic C200HD con una señal de 1000 Hz

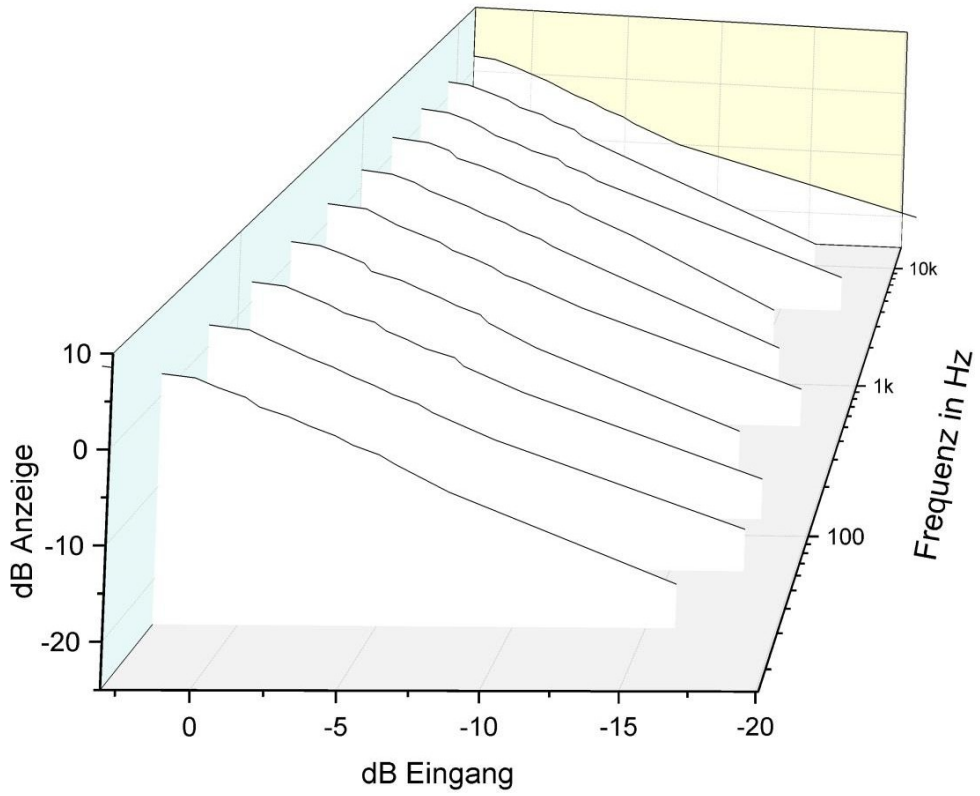


Figura 4.11: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del Solid State Logic C200HD con señales de diferentes frecuencias

5. Conclusión

El objetivo de este trabajo era probar el método de medición desarrollado por Acuña en una selección propia de medidores de modulación, evaluar los resultados y someter a un análisis crítico tanto su valor informativo como el propio método de medición.

En el caso de los medidores de modulación de tensión de pico, este tipo de medición resulta solo parcialmente adecuado, ya que la duración de los impulsos de las señales de prueba debe ser extremadamente corta para que se produzca un cambio significativo en los niveles indicados y, por lo tanto, los resultados solo permiten obtener poca información sobre el comportamiento dinámico real. No obstante, en lo que respecta a este comportamiento, estos dispositivos están suficientemente caracterizados para su uso práctico con la indicación de tiempos de integración muy cortos, siempre que se indiquen correctamente los valores de pico de las señales por encima de dicha duración.

Por el contrario, el método aplicado ofrece una interesante posibilidad de control de calidad en lo que respecta a los medidores VU utilizados. Muchos de estos dispositivos parecen reproducir, incluso con señales muy dinámicas, un valor aproximado del RMS, situándose así cerca de la percepción auditiva humana (véase Friesecke 2014: 414). A partir de una determinada duración del impulso, la frecuencia de la señal en el espectro relevante para las producciones sonoras parece tener poca influencia en este comportamiento. En combinación con una indicación del valor de pico, estos dispositivos, siempre que estén bien fabricados, podrían seguir utilizándose, sobre todo en el ámbito de consumo, como alternativa a los medidores RMS.

En cuanto a la realización de la medición, cabe señalar que la precisión de la medición podría aumentarse considerablemente mediante el uso de montajes de medición, como el descrito, por ejemplo, en la norma DIN IEC 60268-17 para la medición del tiempo de respuesta de los medidores VU (Deutsches Institut für Normung e.V. 1992: 5). Además, las imprecisiones en la representación del comportamiento dinámico podrían limitarse incluyendo en la representación los datos medidos a partir del segundo valor más alto de la escala, ya que es prácticamente imposible detectar con exactitud una primera reducción visible de los niveles indicados.

Aunque la representación de los valores de medición en forma de niveles relativos permite comparar entre sí los dispositivos medidos, no permite apreciar de inmediato a partir de qué duración de impulso o dinámica de señal cambian realmente los niveles mostrados. Sin embargo, una representación basada en estos valores resultaría problemática, ya que, dependiendo del tipo de dispositivo, se deben seleccionar diferentes duraciones de periodo para las señales de medición, lo que establecería una referencia diferente para el factor de cresta. Por lo tanto, este sería poco revelador como medida de la dinámica de la señal a la hora de caracterizar los dispositivos. Un desarrollo posterior del método de medición y su evaluación podría, por ejemplo,

la representación del comportamiento dinámico en relación con una medida uniforme de la dinámica de la señal, así como el uso de una duración de periodo uniforme de las señales de prueba.

En resumen, puede decirse que el método de medición utilizado ofrece, al menos para los medidores de modulación analógicos con propiedades mecánicas o relacionadas con la circuitería poco claras, una base para evaluar su idoneidad en lo que respecta al manejo de señales de diferente dinámica. Tras un perfeccionamiento del método de medición y de la representación, los resultados de esta medición podrían constituir sin duda un complemento útil para las fichas técnicas de dichos dispositivos.

6. Anexo

A1. Datos de medición del RTW 1204A

Valor eficaz de la tensión de entrada con indicación de 0 dB	0,848 V
Duración del periodo de la señal de medición	5000 ms

Frecuencia de la señal		31,5 Hz
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,003900
3	3	0,003700
2	2	0,003560
1	1	0,003300
0	0	0,001100
-1	-1	0,000900
-2	-2	0,000800
-3	-3	0,000700
-4	-4	0,000640
-5	-5	0,000600
-6	-6	0,000540
-7	-7	0,000500
-8	-8	0,000460
-9	-9	0,000420
-10	-10	0,000400
-15	-15	0,000280
-20	-20	0,000200
-25	-25	0,000140
-30	-30	0,000100
-40	-40	0,000060

Frecuencia de señal	63 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,002100
3	3	0,002000
2	2	0,001800
1	1	0,000700
0	0	0,000600
-1	-1	0,000580
-2	-2	0,000520
-3	-3	0,000440
-4	-4	0,000400
-5	-5	0,000360
-6	-6	0,000340
-7	-7	0,000310
-8	-8	0,000290
-9	-9	0,000270
-10	-10	0,000250
-15	-15	0,000180
-20	-20	0,000140
-25	-25	0,000100
-30	-30	0,000070
-40	-40	0,000040

Frecuencia de señal	125 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001200
3	3	0,001100
2	2	0,001000
1	1	0,000440
0	0	0,000380
-1	-1	0,000340
-2	-2	0,000320
-3	-3	0,000300
-4	-4	0,000280
-5	-5	0,000250
-6	-6	0,000230
-7	-7	0,000210
-8	-8	0,000200
-9	-9	0,000190
-10	-10	0,000170
-15	-15	0,000130
-20	-20	0,000090
-25	-25	0,000070
-30	-30	0,000050
-40	-40	0,000030

Frecuencia de señal	250 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
4	4	0,001600
3	3	0,000800
2	2	0,000600
1	1	0,000560
0	0	0,000520
-1	-1	0,000320
-2	-2	0,000260
-3	-3	0,000210
-4	-4	0,000190
-5	-5	0,000170
-6	-6	0,000160
-7	-7	0,000150
-8	-8	0,000140
-9	-9	0,000130
-10	-10	0,000120
-15	-15	0,000094
-20	-20	0,000060
-25	-25	0,000050
-30	-30	0,000040
-40	-40	0,00002

Frecuencia de señal	500 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001400
3	3	0,001000
2	2	0,000700
1	1	0,000500
0	0	0,000340
-1	-1	0,000300
-2	-2	0,000280
-3	-3	0,000260
-4	-4	0,000200
-5	-5	0,000134
-6	-6	0,000120
-7	-7	0,000108
-8	-8	0,000100
-9	-9	0,000090
-10	-10	0,000084
-15	-15	0,000062
-20	-20	0,000044
-25	-25	0,000036
-30	-30	0,000024
-40	-40	0,000014

Frecuencia de señal	1000 Hz	
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001200
3	3	0,000800
2	2	0,000600
1	1	0,000500
0	0	0,000360
-1	-1	0,000320
-2	-2	0,000260
-3	-3	0,000240
-4	-4	0,000180
-5	-5	0,000160
-6	-6	0,000140
-7	-7	0,000130
-8	-8	0,000126
-9	-9	0,000076
-10	-10	0,000065
-15	-15	0,000044
-20	-20	0,000030
-25	-25	0,000024
-30	-30	0,000016
-40	-40	0,000010

Frecuencia de señal	2000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001600
3	3	0,001000
2	2	0,000640
1	1	0,000500
0	0	0,000400
-1	-1	0,000300
-2	-2	0,000260
-3	-3	0,000220
-4	-4	0,000180
-5	-5	0,000160
-6	-6	0,000135
-7	-7	0,000120
-8	-8	0,000100
-9	-9	0,000090
-10	-10	0,000080
-15	-15	0,000040
-20	-20	0,000025
-25	-25	0,000016
-30	-30	0,000015
-40	-40	0,000006

Frecuencia de señal	4000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001600
3	3	0,001200
2	2	0,000700
1	1	0,000500
0	0	0,000400
-1	-1	0,000300
-2	-2	0,000260
-3	-3	0,000230
-4	-4	0,000180
-5	-5	0,000160
-6	-6	0,000140
-7	-7	0,000110
-8	-8	0,000100
-9	-9	0,000090
-10	-10	0,000080
-15	-15	0,000040
-20	-20	0,000020
-25	-25	0,000016
-30	-30	0,000010
-40	-40	0,000008

Frecuencia de señal	8000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
4	4	0,001400
3	3	0,001000
2	2	0,000700
1	1	0,000500
0	0	0,000380
-1	-1	0,000340
-2	-2	0,000280
-3	-3	0,000220
-4	-4	0,000190
-5	-5	0,000160
-6	-6	0,000140
-7	-7	0,000120
-8	-8	0,000100
-9	-9	0,000090
-10	-10	0,000080
-15	-15	0,000040
-20	-20	0,000025
-25	-25	0,000018
-30	-30	0,000008
-40	-40	0,000007

Frecuencia de señal	16 000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
4	4	0,001400
3	3	0,000900
2	2	0,000600
1	1	0,000500
0	0	0,000400
-1	-1	0,000300
-2	-2	0,000260
-3	-3	0,000210
-4	-4	0,000180
-5	-5	0,000160
-6	-6	0,000140
-7	-7	0,000120
-8	-8	0,000100
-9	-9	0,000090
-10	-10	0,000080
-15	-15	0,000040
-20	-20	0,000030
-25	-25	0,000015
-30	-30	0,000007
-40	-40	0,000006

A2. Datos de medición del medidor VU de montaje propio

Valor eficaz de la tensión de entrada con indicación de 0 dB	0,715 V
Duración del periodo de la señal de medición	800 ms

Frecuencia de la señal		31,5 Hz
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	4,0	0,5000
2	2,8	0,3563
1	1,6	0,2775
0	0,4	0,1988
-1	-1,0	0,1588
-2	-2,3	0,1388
-3	-3,6	0,1063
-4	-5,2	0,0875
-5	-6,6	0,0688
-6	-8,4	0,0563
-7	-9,4	0,0463
-10	-14,0	0,0250
-20	-22,0	0,0113

Frecuencia de señal		63 Hz
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,8	0,5000
2	2,5	0,3375
1	1,3	0,2575
0	0,2	0,2188
-1	-1,2	0,1688
-2	-2,5	0,1388
-3	-3,8	0,1113
-4	-5,4	0,0888
-5	-6,6	0,0788
-6	-8,3	0,0600
-7	-9,6	0,0500
-10	-13,7	0,0250

Frecuencia de señal	125 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,4	0,3300
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,2	0,1600
-2	-2,6	0,1300
-3	-4,0	0,1100
-4	-5,4	0,0900
-5	-6,9	0,0700
-6	-8,3	0,0550
-7	-9,8	0,0500
-10	20,2	0,0250
-20	-24,5	0,0050

Frecuencia de señal	250 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,4	0,3450
1	1,2	0,2600
0	0,0	0,2050
-1	-1,4	0,1600
-2	-2,7	0,1300
-3	-4,0	0,1100
-4	-5,4	0,0850
-5	-6,9	0,0700
-6	-8,5	0,0550
-7	-9,8	0,0450
-10	-14,2	0,0200
-20	-22,0	0,0050

Frecuencia de señal	500 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	3,7	0,3350
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,4	0,1625
-2	-2,7	0,1275
-3	-4,0	0,1050
-4	-5,5	0,0875
-5	-6,9	0,0700
-6	-8,5	0,0563
-7	-9,8	0,0475
-10	-14,2	0,0225
-20	-24,5	0,0050

Frecuencia de señal	1000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,3	0,3363
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,4	0,1625
-2	-2,8	0,1313
-3	-4,0	0,1088
-4	-5,7	0,0875
-5	-6,9	0,0713
-6	-8,7	0,0575
-7	-9,8	0,0463
-10	-14,2	0,0225
-20	-25,3	0,0038

Frecuencia de señal	2000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,3	0,3313
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,4	0,1588
-2	-2,8	0,1313
-3	-4,1	0,1088
-4	-5,5	0,0863
-5	-6,9	0,0713
-6	-8,7	0,0563
-7	-9,8	0,0475
-10	-14,2	0,0213
-20	-23,8	0,0038

Frecuencia de señal	4000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,3	0,3375
1	1,4	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,4	0,1625
-2	-2,8	0,1313
-3	-4,2	0,1088
-4	-5,7	0,0875
-5	-7,0	0,0725
-6	-8,5	0,0563
-7	-9,8	0,0475
-10	-14,2	0,0225
-20	-24,5	0,0038

Frecuencia de señal	8000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,3	0,3375
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,4	0,1625
-2	-2,8	0,1313
-3	-4,0	0,1100
-4	-5,7	0,0875
-5	-6,9	0,0725
-6	-8,5	0,0550
-7	-9,8	0,0475
-10	-14,2	0,0225
-20	-23,0	0,0038

Frecuencia de señal	16 000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3,6	0,5000
2	2,4	0,3375
1	1,2	0,2500
0	0,0	0,2000
-1	-1,3	0,1625
-2	-2,7	0,1313
-3	-4,0	0,1063
-4	-5,5	0,0838
-5	-6,9	0,0688
-6	-8,7	0,0563
-7	-9,8	0,0438
-10	-14,2	0,0213
-20	-23,8	0,0038

A3. Datos de medición del DK-Audio MSD100T

Valor eficaz de la tensión de entrada con indicación de 0 dB	0,603 V
Duración del periodo de la señal de medición	800 ms

Frecuencia de la señal		31,5 Hz
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0813
1	1,0	0,0500
0,5	0,5	0,0475
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0313
-1	-1,0	0,0300
-2	-2,0	0,0275
-3	-3,0	0,0263
-4	-4,0	0,0250
-5	-5,0	0,0225
-6	-6,0	0,0138
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0088
-20	-20,0	0,0044

Frecuencia de señal		63 Hz
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0788
1	1,0	0,0538
0,5	0,5	0,0450
0	0,0	0,0400
-0,5	-0,5	0,0350
-1	-1,0	0,0338
-2	-2,0	0,0250
-3	-3,0	0,0225
-4	-4,0	0,0163
-6	-6,0	0,0138
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0069
-20	-20,0	0,0031

Frecuencia de señal	125 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0788
1	1,0	0,0525
0,5	0,5	0,0450
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0350
-1	-1,0	0,0313
-2	-2,0	0,0263
-3	-3,0	0,0219
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0163
-6	-6,0	0,0131
-7	-7,0	0,0119
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0025

Frecuencia de señal	250 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0788
1	1,0	0,0525
0,5	0,5	0,0438
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0350
-1	-1,0	0,0313
-2	-2,0	0,0263
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0181
-5	-5,0	0,0150
-6	-6,0	0,0131
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0019

Frecuencia de señal	500 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0763
1	1,0	0,0525
0,5	0,5	0,0438
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0350
-1	-1,0	0,0313
-2	-2,0	0,0256
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0150
-6	-6,0	0,0131
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0038

Frecuencia de señal	1000 Hz	
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0800
1	1,0	0,0513
0,5	0,5	0,0450
0	0,0	0,0400
-0,5	-0,5	0,0338
-1	-1,0	0,0300
-2	-2,0	0,0263
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0150
-6	-6,0	0,0125
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0021

Frecuencia de la señal	2000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0775
1	1,0	0,0500
0,5	0,5	0,0438
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0338
-1	-1,0	0,0288
-2	-2,0	0,0263
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0138
-6	-6,0	0,0125
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0023

Frecuencia de señal	4000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0788
1	1,0	0,0500
0,5	0,5	0,0450
0	0,0	0,0400
-0,5	-0,5	0,0338
-1	-1,0	0,0300
-2	-2,0	0,0250
-3	-3,0	0,0200
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0150
-6	-6,0	0,0125
-7	-7,0	0,0100
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0022

Frecuencia de señal	8000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0775
1	1,0	0,0513
0,5	0,5	0,0438
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0338
-1	-1,0	0,0313
-2	-2,0	0,0250
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0138
-6	-6,0	0,0125
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0022

Frecuencia de señal	16 000 Hz	
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3,0	0,1750
2	2,0	0,0788
1	1,0	0,0513
0,5	0,5	0,0450
0	0,0	0,0388
-0,5	-0,5	0,0338
-1	-1,0	0,0300
-2	-2,0	0,0250
-3	-3,0	0,0213
-4	-4,0	0,0175
-5	-5,0	0,0150
-6	-6,0	0,0125
-7	-7,0	0,0113
-10	-10,0	0,0075
-20	-20,0	0,0021

A4. Datos de medición del compresor estéreo API 2500

Valor eficaz de la tensión de entrada con indicación de 0 dB	1,218 V
Duración del periodo de la señal de medición	800 ms

Frecuencia de la señal		31,5 Hz
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,9	0,5000
2	2,6	0,2625
1	1,3	0,2125
0	0,0	0,1875
-1	-1,7	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,4	0,1000
-4	-5,4	0,0863
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,4	0,0550
-7	-8,4	0,0475
-10	-11,5	0,0250
-20	-23,2	0,0050

Frecuencia de señal		63 Hz
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,9	0,5000
2	2,6	0,2625
1	1,3	0,2125
0	0,1	0,1875
-1	-1,7	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,3	0,1000
-4	-5,4	0,0813
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,4	0,0550
-7	-8,4	0,0450
-10	-11,5	0,0250

Frecuencia de señal	125 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,9	0,5000
2	2,6	0,2625
1	1,3	0,2225
0	0,1	0,1875
-1	-1,6	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,3	0,1000
-4	-5,4	0,0875
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,5	0,0563
-7	-8,5	0,0475
-10	-11,5	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	250 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	4,0	0,5000
2	2,7	0,2500
1	1,4	0,2125
0	0,2	0,1875
-1	-1,7	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,4	0,1000
-4	-5,4	0,0863
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,5	0,0550
-7	-8,4	0,0438
-10	-11,6	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	500 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	4,0	0,5000
2	2,7	0,2500
1	1,3	0,2125
0	0,1	0,1875
-1	-1,6	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,3	0,1000
-4	-5,4	0,0850
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,5	0,0550
-7	-8,5	0,0475
-10	-11,6	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	1000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,9	0,5000
2	2,6	0,2625
1	1,3	0,2125
0	0,0	0,1888
-1	-1,7	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,4	0,1000
-4	-5,3	0,0838
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,3	0,0588
-7	-8,4	0,0488
-10	-11,3	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	2000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	4,0	0,5000
2	2,7	0,2500
1	1,3	0,2125
0	0,2	0,1875
-1	-1,6	0,1500
-2	-2,9	0,1250
-3	-4,3	0,1000
-4	-5,4	0,0850
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,4	0,0550
-7	-8,5	0,0475
-10	-11,6	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	4000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	4,0	0,5000
2	2,7	0,2500
1	1,3	0,2125
0	0,1	0,1875
-1	-1,6	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,3	0,1000
-4	-5,4	0,0863
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,4	0,0550
-7	-8,5	0,0475
-10	-11,5	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	8000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,9	0,5000
2	2,7	0,2500
1	1,3	0,2125
0	0,1	0,1875
-1	-1,7	0,1500
-2	-2,9	0,1250
-3	-4,5	0,1000
-4	-5,3	0,0850
-5	-6,5	0,0688
-6	-7,3	0,0588
-7	-8,5	0,0475
-10	-11,5	0,0250
-20	-23,2	0,0025

Frecuencia de señal	16 000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3,8	0,5000
2	2,6	0,2500
1	1,2	0,2125
0	-0,1	0,1875
-1	-1,7	0,1500
-2	-3,0	0,1250
-3	-4,5	0,1000
-4	-5,6	0,0850
-5	-6,6	0,0700
-6	-7,5	0,0588
-7	-8,7	0,0475
-10	-11,7	0,0250
-20	-23,2	0,0025

A5. Datos de medición del Solid State Logic C200HD

Valor eficaz de la tensión de entrada con indicación de 0 dB	1,188 V
Duración del periodo de la señal de medición	800 ms

Frecuencia de la señal		31,5 Hz
Visualización en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3,0	0,5000
2	2,0	0,2338
1	1,0	0,1938
0	0,0	0,1538
-1	-1,1	0,1375
-2	-2,0	0,1075
-3	-3,0	0,0900
-4	-4,0	0,0725
-5	-5,0	0,0625
-6	-6,0	0,0500
-7	-7,0	0,0438
-10	-10,9	0,0275
-20	-19,9	0,0038

Frecuencia de señal		63 Hz
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	1,9	0,2213
1	1	0,1875
0	0	0,1563
-1	-1	0,1313
-2	-2	0,1063
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0738
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0438
-10	-10,1	0,0250

Frecuencia de señal	125 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2275
1	1	0,1875
0	0	0,1538
-1	-1	0,1325
-2	-2	0,1000
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0738
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0475
-7	-7	0,0438
-10	-9,9	0,0250
-20	-19,9	0,0025

Frecuencia de señal	250 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2350
1	1,1	0,1875
0	0	0,1538
-1	-1	0,1438
-2	-2	0,1075
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0738
-5	-5,2	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0463
-10	-10	0,0288
-20	-20	0,0038

Frecuencia de señal	500 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2225
1	1	0,1900
0	0	0,1625
-1	-1	0,1313
-2	-2	0,1063
-3	-3	0,0938
-4	-4	0,0750
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0550
-7	-7	0,0438
-10	-10	0,0250
-20	-20	0,0025

Frecuencia de señal	1000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2375
1	1	0,1875
0	0	0,1625
-1	-0,9	0,1313
-2	-2	0,1063
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0725
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0438
-10	-10	0,0250
-20	-19,9	0,0038

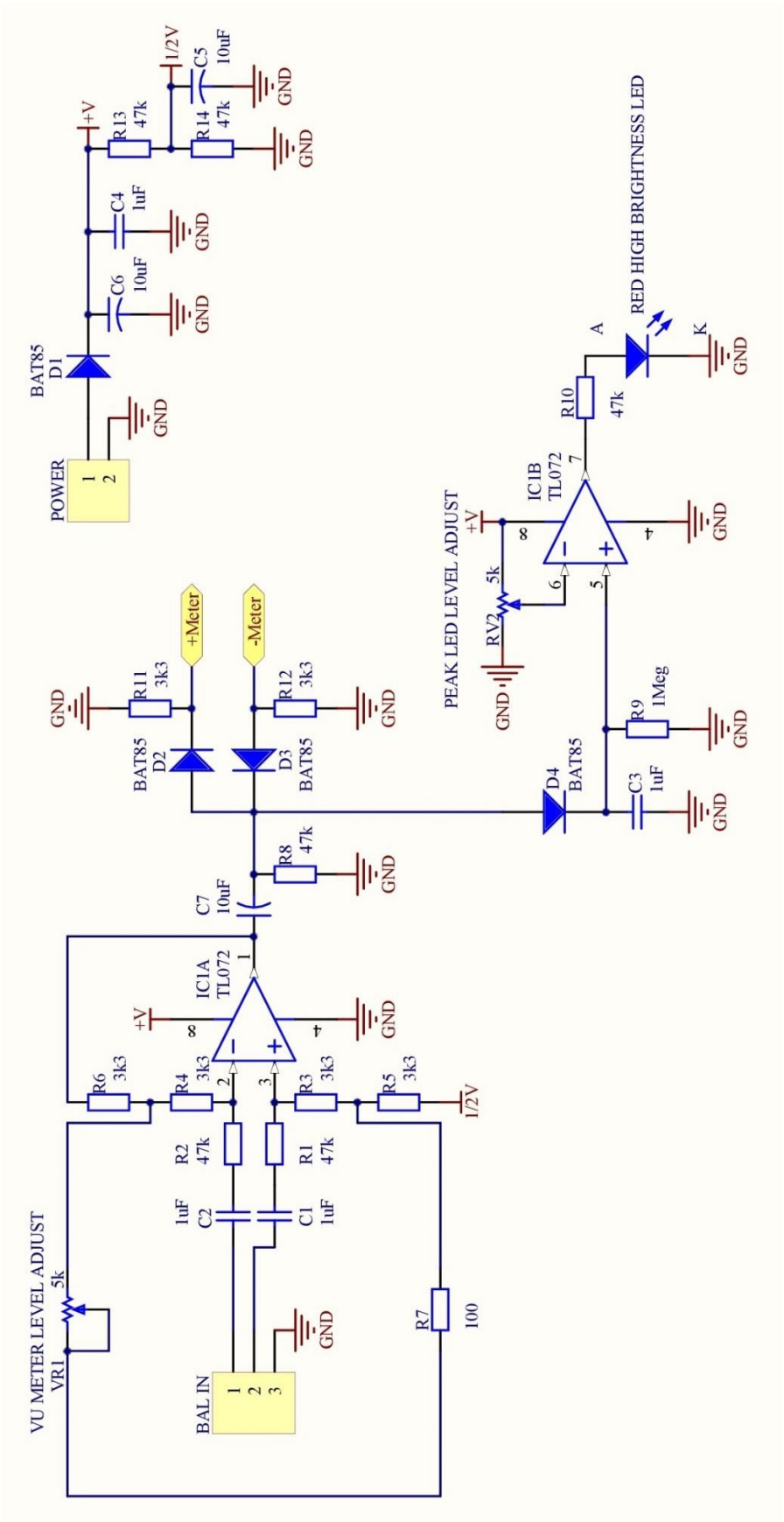
Frecuencia de señal	2000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	2,9	0,5000
2	2	0,2350
1	1	0,1875
0	0	0,1725
-1	-1	0,1313
-2	-2	0,1063
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0725
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0438
-10	-10	0,0250
-20	-20	0,0050

Frecuencia de señal	4000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2375
1	1	0,1875
0	0	0,1600
-1	-1	0,1400
-2	-2	0,1100
-3	-3	0,0925
-4	-4	0,0688
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0438
-10	-10	0,0225
-20	-20	0,0025

Frecuencia de señal	8000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Grado de modulación (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	1,9	0,2375
1	1	0,1875
0	-0,1	0,1500
-1	-1	0,1313
-2	-2	0,1000
-3	-3	0,0875
-4	-5,2	0,0688
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0525
-7	-7	0,0438
-10	-10	0,0250
-20	-20	0,0038

Frecuencia de señal	16 000 Hz	
Indicación en dB	**Nivel ajustado en dbFS (señal continua)**	**Relación de ciclo (señal pulsada)**
3	3	0,5000
2	2	0,2375
1	1	0,1875
0	0	0,1538
-1	-1	0,1250
-2	-2	0,1063
-3	-3	0,0900
-4	-4	0,0725
-5	-5	0,0625
-6	-6	0,0500
-7	-7	0,0438
-10	-9,8	0,0250
-20	-20	0,0013

A6. Esquema eléctrico del búfer del medidor VU de JLM Audio



Índice de figuras

Figura 2.1: Ejemplo del tipo de escala más utilizado para medidores VU (Instituto Alemán de Normalización 1992: 5) 4

Figura 2.2: Pantalla de un medidor de modulación de tensión de pico con escala DIN según la norma DIN IEC 60268-10 (Weinzierl 2008: 557)....5

Figura 2.3: SEW ST-475....8

Figura 2.4: Mecanismo de medición de bobina móvil del SEW ST-475… 8

Figura 2.5: Detalle del esquema eléctrico del búfer del medidor VU de JLM Audio (JLM Audio 2013) 8

Figura 2.6: Búfer del medidor VU de JLM Audio terminado....9

Figura 2.7: Gráfico de pico, RMS y ARV en función del factor de cresta….....12

Figura 3.1: Visualización del SEW ST-745 utilizado en el medidor VU de montaje propio….....15

Figura 3.2: RTW 1204A 16

Figura 3.3: Pantalla del DK-Audio MSD100T en modo VU… 16

Figura 3.4: Pantalla de los medidores VU del compresor estéreo API 2500....16

Figura 3.5: Pantalla del medidor VU del Solid State Logic C200 HD....16

Figura 4.1: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del RTW 1024A con una señal de 1000 Hz....19

Figura 4.2: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del RTW 1204A con señales de diferentes frecuencias....20

Figura 4.3: Representación de los resultados de la medición del medidor VU de montaje propio con una señal continua de 1000 Hz 21

Figura 4.4: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del medidor VU de montaje propio con una señal de 1000 Hz....22

Figura 4.5: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del medidor VU montado por el propio autor con señales de diferentes frecuencias 23

Figura 4.6: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del DK-Audio MSD100T con una señal de 1000 Hz 24

Figura 4.7: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del DK-Audio MSD100T con señales de diferentes frecuencias.....25

Figura 4.8: Representación de los resultados de la medición del compresor estéreo API 2500 con una señal continua de 1000 Hz 26

Figura 4.9: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del compresor estéreo API 2500 con una señal de 1000 Hz.....27

Figura 4.10: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del Solid State Logic C200HD con una señal de 1000 Hz 28

Figura 4.11: Representación de los resultados de la medición del comportamiento dinámico del Solid State Logic C200HD con señales de diferentes frecuencias.....29

Índice de tablas

Tabla 2.1: Características específicas de los medidores de modulación de (Weinzierl 2008: 555)….6

Tabla 2.2: Resumen tabular de la relación entre ciclo de trabajo, factor de cresta, pico, RMS y ARV 11

Tabla 3.1: Tensión medida en la salida de la interfaz USB Saffire 6 14

Bibliografía

Acuna, Victor von (2015): «Method to Evaluate the Ballistics of Audio Meters», en: *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 63, n.º 7/8, p. 583.

API (s. f.): Manual del compresor estéreo 2500, [en línea] http://apiaudio.com/docs/manuals/man2500.pdf [05/01/2016]

Equipo de desarrollo de Audacity (s. f.): Acerca de Audacity, [en línea] http://audacityteam.org/about/ [22.12.2015]

Ballou, Glen (ed.) (2015): *Handbook for Sound Engineers*, 5.ª ed., Burlington: Focal Press.

Bastian, Peter, Horst Bumiller, Monika Burgmaier, Walter Eichler, Bernd Feustel, Thoman Käppel, Werner Klee, Jürgen Manderla, Olaf Reichmann, Jürgen Schwarz, Klaus Tkotz, Ulrich Winter y Klaus Ziegler (2012): *Conocimientos técnicos de ingeniería eléctrica*, 28.ª ed., Haan-Gruiten: Editorial Europa-Lehrmittel.

Instituto Alemán de Normalización (1992): *DIN IEC 60268-17: Equipos electroacústicos – Parte 17: Vúmetros estándar*, Berlín: Beuth Verlag GmbH.

Instituto Alemán de Normalización (1994): *DIN IEC 60268-10: Equipos electroacústicos – Parte 10: Medidor de modulación de tensión de pico,* Berlín: Beuth Verlag GmbH.

DK-Audio (sin fecha): Manual del usuario del MSD100T, [en línea] http://kinozavod.ru/uploads/pdf/MSD100_manual.pdf [05/01/2016]

Unión Europea de Radiodifusión (2014): *EBU R 128: Normalización de la intensidad sonora y nivel máximo permitido de las señales de audio*, Ginebra: EBU

Felderhoff, Rainer, Ulrich Freyer (2007): *Tecnología de medición eléctrica y electrónica,* 8.ª ed., Múnich: Carl Hanser Verlag.

Focusrite (sin fecha): Manual de usuario de Saffire 6 USB, [en línea] http://d3se566zfvnmhf.cloudfront.net/sites/default/files/downloads/7066/saffire-6-usb-bedienungsanleitung.pdf [02.01.2016]

Freyer, Ulrich (2013): *Tecnología de los medios: conocimientos básicos de ingeniería de comunicaciones, conceptos, funciones, aplicaciones*, Múnich: Carl Hanser Verlag.

Friesecke, Andreas (2014): *La enciclopedia del audio: una obra de referencia para técnicos de sonido*, Berlín/Boston: Walter de Gruyter GmbH

Goods archive (sin fecha): HYELEC MS8233D [en línea] http://goodsarchive.com/goods/HYELEC+MS8233D+2000+Counts+Professional+Digital+Electrical+Handheld+Tester+LCD+Auto+range+Display+Mini+Digital+Multimeter/863994 [05/01/2016]

Hagmann, Gert (2011): *Fundamentos de la ingeniería eléctrica*, 15.ª ed., Wiebelsheim: AULA-Verlag GmbH.

Unión Internacional de Telecomunicaciones (2015): *Recomendación UIT-R BS.1770-4: Algoritmos para medir el volumen de los programas de audio y el nivel de audio de pico real*, Ginebra: UIT.

JLM Audio (2013): Esquema del búfer VU y el LED de pico, [en línea] http://www.jlmaudio.com/VU/VU%20buffer%20&%20Peak%20LED%20131201.pdf [22.12.2015]

JLM Audio (sin fecha): Kit de búfer VU y LED de pico, [en línea] http://www.jlmaudio.com/shop/vu-buffer-peak-led-kit.html [22/12/2015]

Pleasurize Music Foundation (2009): Manual DR V1.1, [en línea] http://www.dynamicrange.de/sites/default/files/DR-Manual-V1_1-English.pdf [15/12/2015].

PreSonus (2015): Detalles del producto Studio One 3, [en línea] https://shop.presonus.com/products/studio-one-prods/Studio-One-3-Prime [22/12/2015]

Rane Corporation (sin fecha): Pro Audio Reference, [en línea] http://www.rane.com/par-c.html#cps [20/12/2015].

RTW (2004): Ficha técnica del medidor de picos 1206D [en línea] http://www.videodata.de/shop/media/products/RTW_1206D.pdf [17/12/2015]

RTW (sin fecha): Ficha técnica del medidor de picos 1204A, [en línea] http://www.mypromedia.de/out/pictures/media/datenblatt_rtw_1204a_fl.pdf [05/01/2016]

SEW (sin fecha): Ficha técnica de la serie W, [en línea] http://www.sew.com.tw/ezfiles/sew1/img/img/174767/ST-160ST-475ST-315.pdf [20/12/2015]

Shepherd, Ashley (2008): *Pro Tools para vídeo, cine y multimedia, segunda edición*, Boston: Course Technology.

Solid State Logic (2011): Descripción general del producto C200 HD, [en línea] http://sslweb.solidstatelogic.com.s3.amazonaws.com/content/c200hd/documents/C200_Product_Overview.pdf [05.01.2016]

Weinzierl, Stefan (2008): *Manual de tecnología de audio*, Berlín: Springer-Verlag.

Declaración de originalidad

Por la presente, certifico que he redactado la presente tesis de grado, titulada **«Análisis metrológico de la reacción de los medidores de modulación ante señales de diferente dinámica»**, de forma independiente y sin ayuda externa, y que no he utilizado otras fuentes ni recursos distintos de los indicados. Los fragmentos tomados literalmente de otras obras o los pasajes tomados en esencia se han identificado claramente mediante las referencias bibliográficas correspondientes.